

國立交通大學
運輸科技與管理學系

碩士論文

不同需求特性下多運務員
動態分區派遣策略之研究

Dynamic Zoning Strategies for Dispatching of
Couriers under Different Demand Patterns



研究生：岳忠傑

指導教授：韓復華 教授

中華民國九十八年七月

不同需求特性下多運務員動態分區派遣策略之研究

Dynamic Zoning Strategies for Dispatching of
Couriers under Different Demand Patterns

研究生：岳忠傑

Student : Chung-Chieh Yueh

指導教授：韓復華

Advisors : Anthony Fu-Wha Han

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master in

Transportation Technology and Management

July 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十八 年 七 月

不同需求特性下多運務員動態分區派遣策略之研究

學生：岳忠傑

指導教授：韓復華 教授

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

近年來動態車輛路線問題的研究日益增多，但鮮有考慮顧客需求在不同時間與空間分佈上，對分區派遣策略的影響。本研究即考慮顧客需求於不同時間與空間分佈的影響下，對多位快遞運務員的服務作業問題進行探討。研究問題假設服務範圍固定，且由單一場站指派 k 位運務員對動態產生的顧客進行取件作業。

本研究在需求面考慮：時間分佈上無尖峰、單尖峰與雙尖峰的情況，而空間分佈上則考慮均勻與群聚的情況。在動態派遣方面，包括動態等待與動態分區兩部份，動態等待策略方面：等待訂單數量的 DM 與等待時間間隔的 DW 兩種。完成動態等待條件後，即進入動態分區的部份：以 k-medoids 法分群，再以 Voronoi 圖分派每位運務員的責任區域。在方法論方面，以系統模擬建構不分區、固定分區、動態分區等策略，並針對尖離峰時段執行分區派遣策略的模擬。並在各需求面之下，測試二至四位運務員，搭配不同分區派遣策略時，各績效指標：營運成本、服務水準與勞役分配的表現。為避免顧客等待過久，本研究亦限制顧客所能接受的平均等待時間，以不同目標為前提來推薦運務員數量與派遣分區策略。

模擬程式以 C# 程式語言建構，並在 Intel(R) Core(TM)2，CPU 為 2.00GHz 的個人電腦進行測試。研究結果發現在各種情境假設之下，營運成本而言，動態分區最佳，固定分區次之，不分區殿後。服務水準而言，不分區最佳，固定分區次之，動態分區則殿後。勞役分配而言，動態分區最為佳，固定分區次之，不分區殿後。若假設顧客可接受平均等待時間 60 分鐘以內，無尖峰需求型態下，執行 DM 與 DW 為分群條件的動態分區，與不分區相較，最少運務員為目標時，總旅行距離約節省 9%~36%，最短總旅行距離為目標時，約節省 21%~56%；尖峰需求型態下，針對尖離峰執行不同參數設定的 DM 策略，與不分區相較，最少運務員為目標時，總旅行距離約節省 23%~45%，最短總旅行距離為目標時，約節省 26%~48%。

關鍵詞：動態分區、動態派遣、k-medoids 分群法、動態等待、動態多旅行推銷員問題。

Dynamic Zoning Strategies for Dispatching of Couriers under Different Demand Patterns

Student: Chung-Chieh Yueh

Advisor: Anthony Fu-Waha Han

Department of Transportation Technology and Management
National Chiao Tung University

Abstract

This research is concerned with the dynamic dispatching of multiple couriers in a fixed region with the demand patterns which are influenced by temporal and spatial characteristics. Although abundant literature can be found on dynamic routing and dispatching problems, little has considered the impact of various demand patterns to the optional dynamic routing and dispatching.

In our research, we consider both temporal and spatial characteristics of different demand patterns. Temporal characteristics include uniform, single peak-hour and double peak-hour distributions over a day of operation; spatial characteristics include uniform and cluster distributions over the service area. The dynamic zoning procedure, as we proposed, starts with a dynamic wait. Two dynamic waiting strategies are considered: DM which waits for M demand calls, and DW which waits a fixed time interval of W . As to the dynamic zoning, we first use the k -medoids method to cluster demand points, and then the Voronoi graphs to define the service zone for each courier. In each service zone, the courier follows the nearest neighbor heuristic to service the customers. In addition, both the "single zone" and "fixed zone" strategies are also considered in order to evaluate the performance of the proposed "dynamic zone" strategy.

Simulation models were built and coded in C# to analyze the performance of the three zoning strategies. We tested on a Intel(R) Core(TM)2 CPU 2.00GHz personal computer. Under various temporal and spatial situations, results showed that the dynamic zoning yielded the lowest average travel distance, and yet the highest average waiting time. On the other hand, the single zone strategy gives the lowest waiting time, and yet the longest average travel distance. If the customer can accept the average waiting time in 60 minutes, dynamic zoning strategies under DM or DW will save significant travel distance more than single zone or fixed zone strategies when the demand is uniformly distribution. In addition, dynamic zoning strategies which wait more at peak hours and wait less at off-peak hours perform better than other strategies in travel distance.

Keywords: Dynamic Zoning, Dynamic Dispatch, k -medoids, Dynamic wait, Dynamic mTSP.

誌 謝

終於到撰寫誌謝的這一刻了，兩年來去匆匆的研究所生涯，讓我體驗了許多，也學習了不少。一直以來，對身旁的每一位朋友與師長，心中總有滿滿地感謝，但最重要的仍是我的恩師 韓復華 教授。在這兩年的過程中，老師不僅教導我在面對學業與論文研究時要嚴謹踏實，在做人處事上更是要求我能實事求是。「誠實的面對問題」是老師常用來勉勵我的一句話，老師的恩情與這句話的涵意都將永銘於心！

在論文口試期間，也很感激中華大學 張靖副教授與大師兄 卓裕仁助理教授，以及 黃家耀助理教授三位老師們的不吝指教與斧正，提供諸多建議與問題，使得本論文能夠更加趨於完善，在此特別感謝各位老師的指教。

結束了軍旅生涯之後，進入了交通大學這個新的環境，這對我來說是一次美好的過程。在這短暫的二年內，特別感謝那些曾經幫助過我的學長姊、同學、學弟妹與助理，謝謝你們讓我這一路走來平穩順利。很慶幸能夠加入網路實驗室這個大家庭，Lab 的氣氛總是那麼開心，感謝你們給我這樣一個可以學習、可以忙錄、也可以大聲歡笑的环境。

每次我們一碰上作業問題總是會拿出神秘電子檔的大頭目威哥；每一次聽到「晚上要吃什麼呢？」總是立刻回答「吃好吃的」的俊德；雖然很難得見面卻總是很關心我們大家的陳董；投稿經驗豐富而且擁有傳說神器的學勛；沒事會動來動去而且跟我同單位當兵應該叫我學長的小朱；台語超強而且講話超有梗的冷面笑匠阿保；老是在我們水深火熱忙到天昏地暗時冒出來拖進度的前前任助理小萱；空有一副牌技老練模樣又熱愛載我載我的前任助理雪花；話鋒絕不一針見血而是一劍封喉的現任助理阿春；遠在澳門心在新竹教會我第一句粵語的智偉；凡事一起行動一起苦樂的小胖、鴻祥、阿婷、小愚，以及超級吵鬧嚷嚷的怡文，非常冷靜但搞笑的少能，東奔西跑很忙”錄”的施公。謝謝你們陪我一起走過這段並肩作戰的時光，與你們共有的回憶會是我一生中美好的一段。

最後，我要將本論文獻給我在菩薩身旁修習的爺爺，無法讓祢親眼看到我畢業的那一刻是我最遺憾的一件事，但是我知道祢一直都很相信我，而我也沒讓祢失望。謝謝我在高雄的奶奶，您的堅強與鼓勵讓我更有力量去做我想做的事情。謝謝我的爸媽，您們對我的支持與付出讓我無後顧之憂的去追求我想得到的東西。謝謝我的妹妹，我不在家裡的這些時間，讓你幫忙許多本該是我們兄妹倆要一起分擔的事情。謝謝我的女朋友欣華，你的陪伴與容忍讓我可以安心地完成學業。未來的我也將繼續向前邁進，開始面對人生中下一個階段的挑戰。

岳忠傑 謹誌

于 交通大學網路實驗室 2009.07

不同需求特性下多運務員動態分區派遣策略之研究

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	viii
表目錄	xiii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究內容與範圍	1
1.3 研究方法與流程	2
第二章 文獻回顧	5
2.1 旅行推銷員問題之變化型式	5
2.1.1 靜態路線啟發式解法回顧	6
2.2 動態車輛路線問題與動態度之特性	7
2.2.1 動態車輛路線問題之定義	7
2.2.2 動態車輛路線問題之不同假設	7
2.2.3 動態車輛路線決策種類	7
2.2.4 動態度之定義	8
2.3 無時間窗之動態派遣策略模式與應用	8
2.3.1 轉向(Diversion)	8
2.3.2 重新定位(Reposition)	8
2.3.3 重新定位中轉向(Diversion During Reposition, DDR)	9
2.3.4 優先轉向後重新定位(Diversion First Reposition Second, DFR)	9
2.4 有時間窗之動態派遣策略模式與應用	9
2.4.1 等待策略(Waiting)	9
2.5 其他動態派遣策略模式與應用	9
2.5.1 動態分區策略(Dynamic Zoning)	9
2.5.2 其他動態派遣策略	10
2.6 資料分群方法	10
2.6.1 k-means 分群演算法	11
2.6.2 k-medoids 分群演算法	11
2.7 小結	12

第三章 多運務員動態派遣策略之定義.....	13
3.1 路線指派與分區派遣策略.....	14
3.2 不分區策略.....	15
3.3 固定分區策略.....	15
3.4 動態分區策略.....	16
3.5 衡量結果之績效指標.....	18
3.5.1 營運成本.....	18
3.5.2 服務水準.....	19
3.5.3 勞役分配.....	19
第四章 情境產生機制.....	20
4.1 動態需求事件產生.....	20
4.2 基本環境之模擬假設.....	20
4.4 時間分佈之模擬假設.....	21
4.4.1 無尖峰時段.....	21
4.4.2 單尖峰時段.....	21
4.4.3 雙尖峰時段.....	22
4.5 空間分佈之模擬假設.....	22
4.5.1 均勻分佈.....	22
4.5.2 群聚分佈.....	23
第五章 情境測試結果與分析.....	25
5.1 顧客需求均勻分佈且無尖峰時段.....	25
5.1.1 不同參數值 M 與 W 對動態分區策略之影響.....	25
5.1.2 二位運務員服務之結果比較與分析.....	27
5.1.3 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	31
5.2 顧客需求均勻分佈且單尖峰時段.....	34
5.2.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	34
5.3 顧客需求均勻分佈且雙尖峰時段.....	37
5.3.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	37
5.4 顧客需求 70% 群聚分佈且無尖峰時段.....	40
5.4.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	40
5.5 顧客需求 70% 群聚分佈且單尖峰時段.....	42
5.5.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	42
5.6 顧客需求 70% 群聚分佈且雙尖峰時段.....	45
5.6.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	45
5.7 顧客需求 80% 群聚分佈且無尖峰時段.....	47
5.7.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	47

5.8	顧客需求 80%群聚分佈且單尖峰時段.....	50
5.8.1	不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	50
5.9	顧客需求 80%群聚分佈且雙尖峰時段.....	52
5.9.1	不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析.....	53
第六章 不同目標下的推薦策略.....		56
6.1	以最少運務員數量為目標.....	56
6.2	以最短總旅行距離為目標.....	57
第七章 結論與建議.....		59
7.1	結論.....	59
7.2	建議.....	60
參考文獻.....		61
附錄 A		64
A.1	均勻分佈且無尖峰時段\三位運務員.....	64
A.2	均勻分佈且無尖峰時段\四位運務員.....	65
A.3	均勻分佈且單尖峰時段\二位運務員.....	67
A.4	均勻分佈且單尖峰時段\三位運務員.....	69
A.5	均勻分佈且單尖峰時段\四位運務員.....	70
A.6	均勻分佈且雙尖峰時段\二位運務員.....	72
A.7	均勻分佈且雙尖峰時段\三位運務員.....	74
A.8	均勻分佈且雙尖峰時段\四位運務員.....	75
A.9	70%群聚分佈且無尖峰時段\二位運務員.....	77
A.10	70%群聚分佈且無尖峰時段\三位運務員.....	79
A.11	70%群聚分佈且無尖峰時段\四位運務員.....	80
A.12	70%群聚分佈且單尖峰時段\二位運務員.....	82
A.13	70%群聚分佈且單尖峰時段\三位運務員.....	84
A.14	70%群聚分佈且單尖峰時段\四位運務員.....	85
A.15	70%群聚分佈且雙尖峰時段\二位運務員.....	87
A.16	70%群聚分佈且雙尖峰時段\三位運務員.....	89
A.17	70%群聚分佈且雙尖峰時段\四位運務員.....	90
A.18	80%群聚分佈且無尖峰時段\二位運務員.....	92
A.19	80%群聚分佈且無尖峰時段\三位運務員.....	94
A.20	80%群聚分佈且無尖峰時段\四位運務員.....	95
A.21	80%群聚分佈且單尖峰時段\二位運務員.....	97
A.22	80%群聚分佈且單尖峰時段\三位運務員.....	99
A.23	80%群聚分佈且單尖峰時段\四位運務員.....	100

A. 24 80%群聚分佈且雙尖峰時段\二位運務員	102
A. 25 80%群聚分佈且雙尖峰時段\三位運務員	104
A. 26 80%群聚分佈且雙尖峰時段\四位運務員	105



圖目錄

圖 1.1 研究流程示意圖	4
圖 2.1 k-means 分群演算法	11
圖 2.2 k-medoids 分群演算法	12
圖 3.1 系統模擬示意圖	14
圖 3.1 小型例題需求位置相對關係圖	14
圖 3.2 不分區運務員移動圖	15
圖 3.3 固定分區運務員移動圖	16
圖 3.4 動態分區運務員移動圖	18
圖 4.1 無尖峰時段示意圖	21
圖 4.2 單尖峰時段示意圖	21
圖 4.3 雙尖峰時段示意圖	22
圖 4.4 群聚區域的空間分佈圖	23
圖 5.1 平均旅行距離($k=2$)	25
圖 5.2 平均等待時間($k=2$)	26
圖 5.3 平均旅行距離($k=2$)	26
圖 5.4 平均等待時間($k=2$)	27
圖 5.5 平均旅行距離($k=2$)	28
圖 5.6 平均等待時間($k=2$)	29
圖 5.7 平均等待時間_60 分鐘內完成($k=2$)	30
圖 5.8 平均完成服務時間($k=2$)	30
圖 5.9 勞役不均程度($k=2$)	31
圖 5.10 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=60$)	32
圖 5.11 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=90$)	32
圖 5.12 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=120$)	33
圖 5.13 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=150$)	33
圖 5.14 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=180$)	33
圖 5.15 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較($N=210$)	34
圖 5.16 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=60$)	35
圖 5.17 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=90$)	35
圖 5.18 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=120$)	35
圖 5.19 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=150$)	36
圖 5.20 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=180$)	36
圖 5.21 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較($N=210$)	36
圖 5.22 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=60$)	37
圖 5.23 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=90$)	38
圖 5.24 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=120$)	38
圖 5.25 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=150$)	38
圖 5.26 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=180$)	39
圖 5.27 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較($N=210$)	39
圖 5.28 70%群聚且無尖峰時段下策略比較($N=60$)	40
圖 5.29 70%群聚且無尖峰時段下策略比較($N=90$)	40

圖 5. 30 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=120).....	40
圖 5. 31 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=150).....	41
圖 5. 32 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=180).....	41
圖 5. 33 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=210).....	41
圖 5. 34 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=60).....	42
圖 5. 35 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=90).....	43
圖 5. 36 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=120).....	43
圖 5. 37 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=150).....	43
圖 5. 38 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=180).....	44
圖 5. 39 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=210).....	44
圖 5. 40 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=60).....	45
圖 5. 41 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=90).....	45
圖 5. 42 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=120).....	46
圖 5. 43 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=150).....	46
圖 5. 44 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=180).....	46
圖 5. 45 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=210).....	47
圖 5. 46 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=60).....	48
圖 5. 47 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=90).....	48
圖 5. 48 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=120).....	48
圖 5. 49 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=150).....	49
圖 5. 50 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=180).....	49
圖 5. 51 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=210).....	49
圖 5. 52 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=60).....	50
圖 5. 53 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=90).....	51
圖 5. 54 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=120).....	51
圖 5. 55 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=150).....	51
圖 5. 56 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=180).....	52
圖 5. 57 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=210).....	52
圖 5. 58 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=60).....	53
圖 5. 59 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=90).....	53
圖 5. 60 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=120).....	53
圖 5. 61 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=150).....	54
圖 5. 62 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=180).....	54
圖 5. 63 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=210).....	54
■ 均勻分佈且無尖峰時段	
圖 A. 1 平均旅行距離(k = 3).....	64
圖 A. 2 平均等待時間(k = 3).....	64
圖 A. 3 最長等待時間(k = 3).....	64
圖 A. 4 平均完成服務時間(k = 3).....	65
圖 A. 5 勞役不均程度(k = 3).....	65
圖 A. 6 平均旅行距離(k = 4).....	65
圖 A. 7 平均等待時間(k = 4).....	66
圖 A. 8 最長等待時間(k = 4).....	66
圖 A. 9 平均完成服務時間(k = 4).....	67

圖 A. 10 勞役不均程度($k = 4$)	67
■ 均勻分佈且單尖峰時段	
圖 A. 11 平均旅行距離($k = 2$)	67
圖 A. 12 平均等待時間($k = 2$)	67
圖 A. 13 最長等待時間($k = 2$)	68
圖 A. 14 平均完成服務時間($k = 2$)	68
圖 A. 15 勞役不均程度($k = 2$)	68
圖 A. 16 平均旅行距離($k = 3$)	69
圖 A. 17 平均等待時間($k = 3$)	69
圖 A. 18 最長等待時間($k = 3$)	69
圖 A. 19 平均完成服務時間($k = 3$)	70
圖 A. 20 勞役不均程度($k = 3$)	70
圖 A. 21 平均旅行距離($k = 4$)	70
圖 A. 22 平均等待時間($k = 4$)	71
圖 A. 23 最長等待時間($k = 4$)	71
圖 A. 24 平均完成服務時間($k = 4$)	71
圖 A. 25 勞役不均程度($k = 4$)	72
■ 均勻分佈且雙尖峰時段	
圖 A. 26 平均旅行距離($k = 2$)	72
圖 A. 27 平均等待時間($k = 2$)	72
圖 A. 28 最長等待時間($k = 2$)	73
圖 A. 29 平均完成服務時間($k = 2$)	73
圖 A. 30 勞役不均程度($k = 2$)	73
圖 A. 31 平均旅行距離($k = 3$)	74
圖 A. 32 平均等待時間($k = 3$)	74
圖 A. 33 最長等待時間($k = 3$)	74
圖 A. 34 平均完成服務時間($k = 3$)	75
圖 A. 35 勞役不均程度($k = 3$)	75
圖 A. 36 平均旅行距離($k = 4$)	75
圖 A. 37 平均等待時間($k = 4$)	76
圖 A. 38 最長等待時間($k = 4$)	76
圖 A. 39 平均完成服務時間($k = 4$)	76
圖 A. 40 勞役不均程度($k = 4$)	77
■ 70%群聚且無尖峰時段	
圖 A. 41 平均旅行距離($k = 2$)	77
圖 A. 42 平均等待時間($k = 2$)	77
圖 A. 43 最長等待時間($k = 2$)	78
圖 A. 44 平均完成服務時間($k = 2$)	78
圖 A. 45 勞役不均程度($k = 2$)	78
圖 A. 46 平均旅行距離($k = 3$)	79
圖 A. 47 平均等待時間($k = 3$)	79
圖 A. 48 最長等待時間($k = 3$)	79
圖 A. 49 平均完成服務時間($k = 3$)	80

圖 A. 50 勞役不均程度(k = 3)	80
圖 A. 51 平均旅行距離(k = 4)	80
圖 A. 52 平均等待時間(k = 4)	81
圖 A. 53 最長等待時間(k = 4)	81
圖 A. 54 平均完成服務時間(k = 4)	82
圖 A. 55 勞役不均程度(k = 4)	82
■70%群聚且單尖峰時段	
圖 A. 56 平均旅行距離(k = 2)	82
圖 A. 57 平均等待時間(k = 2)	82
圖 A. 58 最長等待時間(k = 2)	83
圖 A. 59 平均完成服務時間(k = 2)	83
圖 A. 60 勞役不均程度(k = 2)	83
圖 A. 61 平均旅行距離(k = 3)	84
圖 A. 62 平均等待時間(k = 3)	84
圖 A. 63 最長等待時間(k = 3)	84
圖 A. 64 平均完成服務時間(k = 3)	85
圖 A. 65 勞役不均程度(k = 3)	85
圖 A. 66 平均旅行距離(k = 4)	85
圖 A. 67 平均等待時間(k = 4)	86
圖 A. 68 最長等待時間(k = 4)	86
圖 A. 69 平均完成服務時間(k = 4)	86
圖 A. 70 勞役不均程度(k = 4)	87
■70%群聚且雙尖峰時段	
圖 A. 71 平均旅行距離(k = 2)	87
圖 A. 72 平均等待時間(k = 2)	87
圖 A. 73 最長等待時間(k = 2)	88
圖 A. 74 平均完成服務時間(k = 2)	88
圖 A. 75 勞役不均程度(k = 2)	88
圖 A. 76 平均旅行距離(k = 3)	89
圖 A. 77 平均等待時間(k = 3)	89
圖 A. 78 最長等待時間(k = 3)	89
圖 A. 79 平均完成服務時間(k = 3)	90
圖 A. 80 勞役不均程度(k = 3)	90
圖 A. 81 平均旅行距離(k = 4)	90
圖 A. 82 平均等待時間(k = 4)	91
圖 A. 83 最長等待時間(k = 4)	91
圖 A. 84 平均完成服務時間(k = 4)	91
圖 A. 85 勞役不均程度(k = 4)	92
■80%群聚且無尖峰時段	
圖 A. 86 平均旅行距離(k = 2)	92
圖 A. 87 平均等待時間(k = 2)	92
圖 A. 88 最長等待時間(k = 2)	93
圖 A. 89 平均完成服務時間(k = 2)	93

圖 A. 90 勞役不均程度(k = 2)	93
圖 A. 91 平均旅行距離(k = 3)	94
圖 A. 92 平均等待時間(k = 3)	94
圖 A. 93 最長等待時間(k = 3)	94
圖 A. 94 平均完成服務時間(k = 3)	95
圖 A. 95 勞役不均程度(k = 3)	95
圖 A. 96 平均旅行距離(k = 4)	95
圖 A. 97 平均等待時間(k = 4)	96
圖 A. 98 最長等待時間(k = 4)	96
圖 A. 99 平均完成服務時間(k = 4)	97
圖 A. 100 勞役不均程度(k = 4)	97
■80%群聚且單尖峰時段	
圖 A. 101 平均旅行距離(k = 2)	97
圖 A. 102 平均等待時間(k = 2)	97
圖 A. 103 最長等待時間(k = 2)	98
圖 A. 104 平均完成服務時間(k = 2)	98
圖 A. 105 勞役不均程度(k = 2)	98
圖 A. 106 平均旅行距離(k = 3)	99
圖 A. 107 平均等待時間(k = 3)	99
圖 A. 108 最長等待時間(k = 3)	99
圖 A. 109 平均完成服務時間(k = 3)	100
圖 A. 110 勞役不均程度(k = 3)	100
圖 A. 111 平均旅行距離(k = 4)	100
圖 A. 112 平均等待時間(k = 4)	101
圖 A. 113 最長等待時間(k = 4)	101
圖 A. 114 平均完成服務時間(k = 4)	101
圖 A. 115 勞役不均程度(k = 4)	102
■80%群聚且雙尖峰時段	
圖 A. 116 平均旅行距離(k = 2)	102
圖 A. 117 平均等待時間(k = 2)	102
圖 A. 118 最長等待時間(k = 2)	103
圖 A. 119 平均完成服務時間(k = 2)	103
圖 A. 120 勞役不均程度(k = 2)	103
圖 A. 121 平均旅行距離(k = 3)	104
圖 A. 122 平均等待時間(k = 3)	104
圖 A. 123 最長等待時間(k = 3)	104
圖 A. 124 平均完成服務時間(k = 3)	105
圖 A. 125 勞役不均程度(k = 3)	105
圖 A. 126 平均旅行距離(k = 4)	105
圖 A. 127 平均等待時間(k = 4)	106
圖 A. 128 最長等待時間(k = 4)	106
圖 A. 129 平均完成服務時間(k = 4)	106
圖 A. 130 勞役不均程度(k = 4)	107

表目錄

表 2.1 旅行推銷員問題之變化形式	6
表 3.1 研究問題定義	13
表 5.1 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略	34
表 5.2 均勻分佈且單尖峰時段下的推薦策略	37
表 5.3 均勻分佈且雙尖峰時段下的推薦策略	39
表 5.4 70%群聚且無尖峰時段下的推薦策略	42
表 5.5 70%群聚且單尖峰時段下的推薦策略	44
表 5.6 70%群聚且雙尖峰時段下的推薦策略	47
表 5.7 80%群聚且無尖峰時段下的推薦策略	50
表 5.8 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略	52
表 5.9 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略	55
表 6.1 以最少運務員數量為推薦策略之目標	56
表 6.2 以最短總旅行距離為推薦策略之目標	57



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在現今這個強調提升企業競爭力的現實社會，時間價值成為各個行業不斷強調的重點。對快遞服務業者而言，運務員們所進行的作業是否能達成公司所交付的任務，已成為勝敗與否的重要條件，但應該如何縮短運送距離以有效率的方式將貨件送達目的地，如何減少顧客等候的時間以完成被託付的任務，又應該如何分配每位運務員的勞役以追求公平均等，儼然已成了競爭激烈的快遞市場中，提高自身在市場中所佔地位的致勝因素。

快遞服務業根據貨件送達之目的地的不同，可區分為市內快遞，城際快遞，以及國際快遞。市內快遞由於起訖點都位於相同區域，因此取貨完成後不一定須要折返回到集散點，在相關條件允許之下，可考慮取完貨之後就直接送件，亦可選擇統一回到集散點後再分送。而城際快遞與國際快遞的服務作業則必須分為兩部份，一部份為快遞運務員取件作業結束後，返回集散點場站，經過分類處理後再行送貨；而另一部份是從外地將貨件送達目的地所在之處的場站後，再行送達目的地的送件作業。一般而言，送件作業因為具有預先可知的特性，每天待送的貨件與其相關資訊在運務員出發前便已獲知，若顧客未提出修改，則不會再有變動，因此送件作業是屬於靜態問題。而取件作業的需求點則是隨時隨地都有可能產生，故此類問題型態是屬於動態車輛調派問題。

雖然面臨這樣一個分秒必爭，錙銖必較的快遞市場，快遞服務業者們仍舊盡量給予顧客更寬裕的截件時間，以顧客需求彈性為調度。為了達成這些目標，快遞服務業者便必須壓縮自身運送貨件的時間，因此亦惟有完整且即時的路線規劃，更有效率且靈活的調度支援，方能在履行顧客交付的任務，提供最佳的輸配送服務的同時，相對降低自身的成本，在服務顧客與業者利益的天秤上取得平衡。

目前快遞服務取件作業方式，多數是採用劃分責任區的方式，每位運務員都有規定的取件服務區域。不過若面臨即時需求點產生時，運務員的取件路線便會隨著有所變動，如果責任區域內即時產生的需求點越多，則該運務員的旅行路線距離也就越長，顧客等待時間亦隨之增加；如果責任區域內即時的需求點較少，則會造成人力資源的閒置，兩種情況相較之下更衍生出勞役分配不均的情況。因此，在有限的人力資源配置下，該如何有效率的派遣運務員，才能縮短顧客等待的時間，減少運務員勞役不均的問題，以及降低隨著旅行距離而增加的營運成本？本研究將針對這個議題，透過系統模擬的方式來進行分析並給予合理的建議。

1.2 研究內容與範圍

本研究之範圍是針對含有服務時間範圍(Time Horizon)之動態多旅行推銷員問題(Dynamic Multiple Traveling Salesman Problem, DM_TSP)。嘗試運用即時的資訊，在不同需求特性下，建立一快速且合理的動態派遣策略。本研究中需求特性將分別考慮時間與空間兩部份，在時間部份考慮均勻連續與尖峰需求型之分佈，而空間部份考慮均勻與不同需求密集區域之分佈，根據不同的需求特性，動態劃分多位運務員的服務責任區，並搭配不同的動態派遣策略，測試在不同需求環境下的結果表現。

本研究問題內容定義為快遞服務系統的市內取件作業，系統內有 K 位運務員供每日

營運所需，作業流程上規定一固定的接單與取件之服務時間，路線規劃為單純取件，不考慮送件，於服務範圍中責任區的劃分最多可劃分為 K 個區塊(K 位運務員)，且每位運務員皆無容量限制。每日需求皆為營運後才會陸續揭露，且具有時間與空間上不同分佈的需求特性，藉由動態派遣之策略，以期望於規定時間內滿足所有顧客需求。

本研究目標訂定有三個方向，其一，期望有效降低車輛旅行距離；其二，促使顧客等待服務時間與車輛回應時間最小化，藉以提升服務品質；其三，衡量每位運務員的分工是否均等，進而評估運務員勞役程度是否公平。

本研究是以系統模擬的方式對不同動態情境進行分析，在需求特性上會以不同的時間與空間分佈來比較多位運務員在不分區，傳統的固定分區，以及動態分區的表現，並嘗試於兩種分區策略間交叉搭配或加入其他派遣策略。最後對於不同需求特性下，分析不同績效指標的表現，來選擇合適的動態派遣策略，做為往後實務上決策之參考。

1.3 研究方法與流程

本研究之問題特性為一動態多旅行推銷員問題，需求點無法事先得知，所以無法像傳統的靜態車輛路線問題可求出最佳解，而且此一動態問題，資料情境皆較為複雜，目前也未有文獻提出關於動態車輛路線問題相關之標竿題庫，所以本研究將利用系統模擬的方式進行分析，來研究動態派遣策略對於不同需求特性下的適用性。

本研究的重點在於研擬不同需求特性下，多位快遞運務員的動態劃分責任區與策略派遣，因此於路線建構方面，運用較簡單之啟發式解法(Heuristics)，如最近鄰點插入法(Nearest Neighbor, NN)，期望能有效產生適合之車輛派遣策略。而在顧客分區上，主要採用 k-medoids 分群法，期望在獲得即時訊息後，就能迅速產生顧客點分區結果。因此，本研究流程與執行步驟如下：

(1) 相關文獻蒐集與回顧：

蒐集與回顧目前國內外關於動態車輛派遣策略與顧客分區之應用情況，並就目前已有動態車輛問題策略的相關文獻，吸收其所提出的方法論與策略概念。

(2) 動態系統需求特性之情境分析：

本研究中需求特性除了考慮空間上不同需求密集區域之分佈，亦考慮尖峰與離峰時段之需求時間分配特性，並測試不同的派遣策略對於不同需求特性下的績效表現。

(3) 動態派遣策略與路線建構研擬：

由於實際的運務員大都屬於劃分固定的責任區，本研究提出以動態劃分責任區的策略為主軸，再根據劃分後各個責任區內需求特性的不同，搭配合理可行的派遣策略，並以不分區為比較基準進行測試。在各個派遣策略的路線建構，採用較簡單的啟發式演算法，以期望能產生迅速且即時的結果；最後再依據不同特性的情境，分析出合適的策略。

(4) 實驗設計與情境模擬：

本研究利用模擬方式產生不同需求特性的樣本資料，其中考慮需求點的時間與空間之分佈特性，期望在每種情境中能產生 100 組隨機樣本，促使測試結論更

為客觀。

(5) 系統模擬模式測試：

利用所建構出的求解模組進行電腦程式撰寫，以 C# 程式語言撰寫需求點產生，以及動態派遣之模擬模式。

(6) 績效評估與結果分析：

本研究之績效指標可分為：

甲、營運成本(平均服務每位顧客之車輛的移動距離)。

乙、服務水準(平均每位顧客的等待時間)。

丙、勞役分配(每位運務員服務顧客數量的差異程度)。

藉由模擬後，整理各個策略對於不同需求特性下的結果，其並根據不同的績效指標來選擇較合適的策略。

(7) 結論與建議：

所有模擬實驗結束後，根據結果整理並歸納出具體結論，並就未來可能的重點項目與後續研究提出建議。

因此本研究之研究流程圖可以圖 1.1 表示：



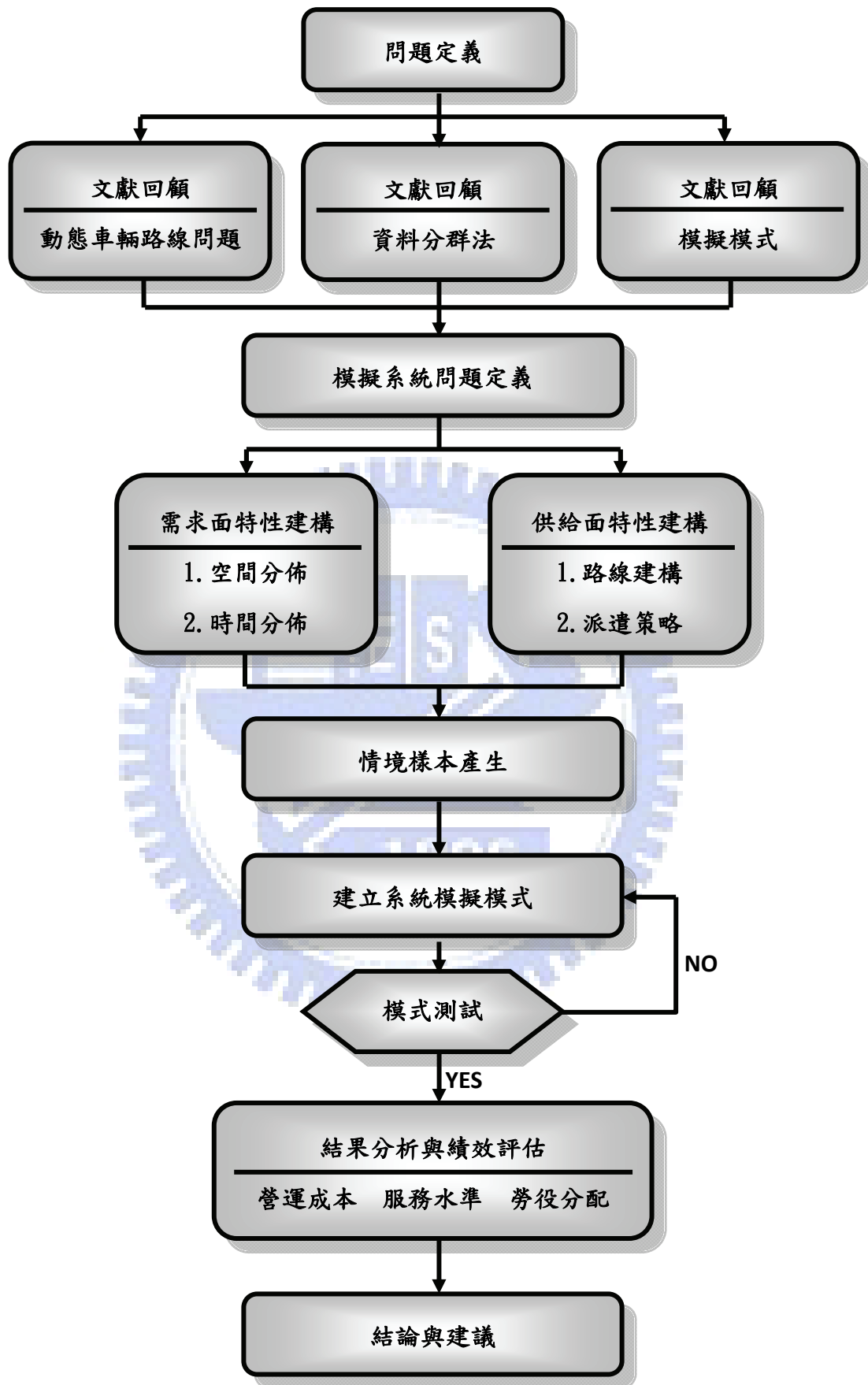


圖 1.1 研究流程示意圖

第二章 文獻回顧

在回顧動態問題相關文獻之前，本章節將針對旅行推銷員問題過去的變化型式，與靜態路線啟發式解法的文獻部份進行整理與回顧。

2.1 旅行推銷員問題之變化型式

旅行員推銷問題(Traveling Salesman Problem, TSP)是組合最佳化之車輛路線問題中最基本的一種問題型態。TSP 問題的基本定義為：「給定一路網 $G=(N,A)$ ，其中 N 為節點(nodes)之集合， A 為節線(links)之集合；希望在此路網上求得一條以最小成本，自一點出發並經過 N 中所有節點恰一次，再回到起始點的路線(tour)」。

上述所定義的基本 TSP 是一種典型的問題型態，在學術研究及實際應用上，會有許多種不同變化的型式。分述如下[32]：

1. 依路網特性的不同，可分成：「完全(Complete)／不完全路網 TSP」、「對稱(Symmetric)／非對稱路網 TSP」及「無方向(Undirected)／有方向／混合式路網 TSP」等。
2. 依場站數目的多寡，可分成：「單一場站(Single-depot) TSP」與「多場站(Multi-depot) TSP」。
3. 依路線數目的多寡，可分成：「單一路線(1-) TSP」與「多路線(m-) TSP」。
4. 依目標函數的不同，可分成：「最小成本(Minimum Cost) TSP」、「最大長度(Maximum Length) TSP」及「最小瓶頸路段長度(Bottleneck) TSP」。
5. 依節線成本的型式不同，可分成：「固定成本(Fixed Cost) TSP」、「依時性成本(Time Dependent Cost) TSP」與「隨機成本(Stochastic Cost) TSP」。
6. 若有時間或容量的限制，則可衍生成：「最大時間限制(Time Constraints) TSP」、「時間窗限制(Time Windows) TSP」及「車輛路線問題(Vehicle Routing Problem, VRP)」。
7. 若考慮節點的利潤或成本，則可衍生成：「蒐集獎金問題(Prize Collecting Problem, PCP)」、「Orienteering Problem, OP」、「Orienteering Tour Problem, OTP」與「旅行採購員問題(Traveling Purchaser Problem, TPP)」等。
8. 若將「經過所有節點恰一次」改為「經過所有節線恰一次」，則形成另一個著名的網路問題：「中國郵差問題(Chinese Postman Problem, CPP)」。

表 2.1 旅行推銷員問題之變化形式

變化項目	型式分類
路網特性的不同	完全／不完全路網 TSP
	對稱／非對稱路網 TSP
	無方向／有方向／混合式路網 TSP
場站數目的多寡	單一場站 TSP
	多場站 TSP
路線數目的多寡	單一路線 TSP
	多路線 TSP
目標函數的不同	最小成本 TSP
	最大長度 TSP
	最小瓶頸路段長度 TSP
節線成本的型式不同	固定成本 TSP
	依時性成本 TSP
	隨機成本 TSP
時間或容量的限制	最大時間限制 TSP
	時間窗限制 TSP
	車輛路線問題
節點利潤或成本	蒐集獎金問題
	Orienteering Problem
	Orienteering Tour Problem
	旅行採購員問題
經過所有節點恰一次 改為 經過所有節線恰一次	中國郵差問題

傳統靜態路線建構為動態路線策略研究之基礎，故將於下一章節內介紹傳統靜態車輛問題常用的啟發式解法。

2.1.1 靜態路線啟發式解法回顧

傳統的啟發式解法可歸納分成三種，分別為路線建構型 Tour Construction、路線改善型 Tour Improvement、路線改善型 Tour Improvement 與綜合型 Composite/Hybrid 三種，分別敘述如下[15][28][29][30][31][32]：

1. 路線建構型(Tour Construction)：依據網路距離成本或成本矩陣直接產生較佳可行解，常見的方法如鄰點法(Neighbor Procedure)、插入法(Insertion Method)、貪婪法(Greedy Algorithm)、節省法(Saving Method)。
2. 路線改善法(Tour Improvement)：針對任意一個起始可行解已鄰域搜尋之機制改善路線成本，求得更好的解；例如 K-Opt、Or-Opt、 λ -interchange 等。

3. 綜合型(Composite/ Hybrid)：係將路線建構和路線改善合併執行，或一面建構路線一面改善，常見的方法有[路線建構起始解+2-Opt]、[路線建構起始解+2-Opt+3-Opt]、CACO[Convex Hull + Cheapest + Insertion + Large Angle + Or-Opt]、一般化插入[GENeralized Insertion/Unstring and String, GENIUS]等。

2.2 動態車輛路線問題與動態度之特性

2.2.1 動態車輛路線問題之定義

有關動態車輛或即時監控車輛路線的文獻在 1980 年代就有人提出，如 Brown 等學者(1981)[1]。但對「動態車輛路線」(Dynamic Vehicle Routing)的複雜的問題，提出一個較完整的架構與共通名詞，應屬 Psaraftis 在 1988 年與 1995 年在[21][22]所提出，他在文章對動態(Dynamic)車輛路線問題和靜態(Static)車輛路線問題做一描述，靜態車輛路線問題為「若結果形式輸出為一預先規劃之路線組合，他無法經由即時輸入之資料進行計算或著重新最佳化」，另外動態問題即為「若結果形式輸出是一個策略形式而非路線組合，其策略可經由即時輸入之資料只是路線該如何變更、改善」。隨後也引起許多學著朝向動態路線問題方面研究，Larsen (2000)整理不同型態的動態問題與模擬方法之建立[11]。

2.2.2 動態車輛路線問題之不同假設

動態車輛路線問題可分成確定性與隨機性；確定性的 DVRP 是指在規劃期間內，事先已知道未來會隨時間變化的資料，如航班、車次班表與預定之訂單等；傳統含有時間窗的車輛路線問題(VRPTW)，顧客的時間窗會隨時間改變其可以接受服務的可行性，故亦可屬於確定性的 DVRP 型態。

隨機性的 DVRP，亦被稱為即時性(Real-Time) VRP[9]，其問題會含有不確定性的資料，作業時程開始後才陸續揭露，而決策者亦依據這些事先未知的資訊，隨時對車輛進行調派的指揮。一般而言，動態車輛路線問題(DVRP)若無特別說明，大多是屬於隨機性的 DVRP。

在動態問題中，事先已知需求點的路線規劃是屬於靜態車輛路線問題(VRP)，由於 VRP 屬於 NP-Hard 的問題，雖然目前已發展出許多精確解的解法，如分支定限法(Branch and Bound)、拉式鬆弛法(Lagrangian Relaxation)、切割平面法(Cutting Plane)、分支切面法(Branch and Cut)、變數產生法(Column Generation)等，但在節點數多的時候，往往無法在有效率的時間(Polynomial time)內求得最佳解，因此許多啟發式解法便應運而生，如下所述。

2.2.3 動態車輛路線決策種類

在調派動態車輛路線，可以先根據部份事先已知訂單資訊或是預測未來需求，決策者可先依據現有資料建構起始基本路線再依據即時動態資訊，做出調整的決策。決策內容主要分為三類：

1. 車輛指派與再指派(Assignment and Re-assignment)：新出現的需求點必須指派到某特定車輛路線，原先規劃好的基本路線上尚未服務的客戶，或許要重新指派到其他路線上。
2. 路線插入與調整(Insertion and Re-sequence)：新出現的需求點要決定插入到既有路線的某特定點後面，其他點在路線內的次序或許要重新排序。另外在動態調

整路線的時機方面，亦可分為(a)可立即轉換(with diversion)與(b)不可立即轉換路線兩類。前者容許即時改變正在配送途中的下一個(next)目標客戶；後者則不允許改變正在配送中的目標客戶，僅允許在完成該點客戶的服務後，再對路線配送有所改變[8][18]。

3. 路線指引或導航(Route Guidance or Navigation)：當路況有所變化，產生旅行時間資訊的改變與更新，再經過動態最短路線之計算，可以對既定目標點提供新的路徑導引。

2.2.4 動態度之定義

車輛路線問題會因為擁有不同程度上事先資訊的比例，而造成不同程度的動態性。Lund 等人(1996)[14]最早提出「動態度」(Degree of Dynamic, DOD)， δ 的定義如下：

$$\delta = \frac{n_d}{(n_d + n_s)} \quad (3.1-1)$$

n_d ：動態客戶(即時產生之客戶)

n_s ：靜態客戶(事先已知之客戶)

在上式(3.1-1)中的 δ 代表所有的顧客數中事先無法預知顧客的比例，其範圍限制為 $0 \leq \delta \leq 1$ 。Larsen 等人(2002)[12]亦將這類並未百分之百動態型的問題，稱為局部動態(Partially Dynamic Traveling Repairment Problem, PDTRP)進行模擬分析，用以比較不同動態度下各種派遣的績效。

在討論動態車輛路線問題的基本定義、形式與不同動態程度等特性後，下一部份將進一步了解有關動態車輛路線問題的基本決策類型，該小節會對不同的策略模式做基本的介紹。

2.3 無時間窗之動態派遣策略模式與應用

目前已有不少的動態派遣的策略關於動態車輛路線問題之相關研究，下面會介紹近幾年不同學者主要研究方法與其方法架構。

3.2.1 轉向(Diversion)

轉向策略是 Ichoua (2000)所提出[18]，當新的需求點出現，如果轉向服務此新目的地可以減少成本，此時便准許車輛立即更換目的地改為服務此新顧客。測試結果指出可以立即變換目的地的策略優於傳統方法，其優點為可有效減少總旅行距離與延誤(Lateness)的成本。

2.3.2 重新定位(Reposition)

在作業服務時間範圍內，當車輛已服務完目前所有已知的點，且目前沒有新產生的顧客需求點；另外一種情況是在有時間窗的限制下，當車輛服務完附近的顧客，其他已知的顧客時間窗範圍與當時的時間窗相差很遠。在上述的兩情形下，車輛在等待下一個顧客出現前，將會有一段閒置的時間，此時就可運用重新定位(Reposition)的策略，使車輛在閒置的狀態下，移動到一個較有利的位置，移動的位置點通常會是服務範圍的中心

點或是下個顧客需求點出現機率較高的地點，以期望降低顧客的等待時間。Larsen 等學者[11]實做重新定位，依定位的位置不同可分為 NEAREST、BUSIEST、HI-REQ 三種策略進行測試在不同環境和動態度的表現。

2.3.3 重新定位中轉向(Diversion During Reposition, DDR)

重新定位中轉向策略是指於作業服務範圍內，當車輛在執行重新定位策略的途中，若有新的需求點出現，便執行轉向的策略。賴育廷(2006)[27]測試 DDR 策略在不同需求環境下的表現，並和其他策略在各種需求特性下做適用程度上的綜合比較。

2.3.4 優先轉向後重新定位(Diversion First Reposition Second, DFR)

DFR 策略是指於作業服務範圍內，車輛在服務時以轉向策略為主，僅在所有已知顧客服務完畢後才採用重新定位之策略；而且在重新定位途中若有新需求出現，也考慮轉向策略。賴育廷(2006)[27]測試 DFR 策略策略在不同需求環境下的表現，並和其他策略在不同需求特性下比較優劣。

2.4 有時間窗之動態派遣策略模式與應用

2.4.1 等待策略(Waiting)

Mitrovic-Minic 與 Laporte (2004)[19]已提出類似等待策略(Waiting Strategy)的概念，該研究是針對含有時間窗之專差快遞取貨送貨問題(Courier Pickup and Delivery Problem with Time Windows)，此策略主要是接受車輛在允許的作業時間內作適當的停留，以等待新的顧客需求點出現後，再進行路線規劃，藉此期望能降低車輛的旅行成本。運用他在文中提到的兩個基本策略，Drive-First (DF)與 Wait-First (WF)，並組合上述的兩種策略，且透過適當分配等待時間給各個服務區後得以延伸出 Dynamic Wait (DW)，DW 是透過動態分群概念，群組內使用 DF，群組間使用 WF，使得等待時間可以較為妥善分配，讓車輛數與旅行距離同時下降；Advanced Dynamic Wait (ADW)則是改善 DW 分配的等待時間，把前端過度等待之時間分配至後端，使得求解結果會更好。

袁智偉(2007)[24]針對動態撥召公車問題(Dynamic Dial-A-Ride Problem, DDARP)，並依據營運車輛數目與總旅行距離兩種不同績效指標去去探討 DF、WF、DW 等策略之適用時機。

Branke (2005)[3]針對的是一不考慮時間窗之傳統車輛路線問題，故在方法上有些差異，但等待策略架構差異性不大，主要是將可等待時間(slack time)做妥善的分配。

2.5 其他動態派遣策略模式與應用

2.5.1 動態分區策略(Dynamic Zoning)

彭佑甯(2008)[26]針對含有服務時間範圍(Time Horizon)之動態多旅行推銷員問題(Dynamic Multiple Traveling Salesman Problem, DMTSP)，嘗試利用現有即時的資訊，在不同的時間點，動態劃分運務員的服務責任區，並搭配不同的動態派遣策略，測試在不同需求環境中，不同目標導向下的結果表現，並選擇在該需求環境下較為適合的動態派遣策略。

動態分區策略採用 DW 的概念，最初運務員會到場站等待，當服務時間達分群間隔時間且滿足期望每個分群內的需求點數條件後(不足數量則等待到點數符合條件為止)，則對目前已出現的顧客點做 k-medoids 分群，再以目前的分群做為基準，劃分服務區域，每區指派一位運務員服務，開始服務，在派送運務員時，以選取所有車輛與分區組合中成本最小的為原則，接下來每當服務時間達分區間隔，再重新執行動態分區。

2.5.2 其他動態派遣策略

Barrett (2007)[4]在動態、隨機路線問題且可預測未來可能顧客發生機率的情況下，測試四種等待策略，分別為 Center-of-Gravity Longest Wait (LW) Heuristic：在所有顧客的質心做最常等待。Center-of-Gravity Longest Wait Without Stochastic Information (LW No) Heuristic：LW 但沒有預測未來可能顧客機率的資訊；Wait-at-Start (WAS) Heuristic：在出發場站等待到最大時間；Distribute-Available-Waiting-Time (DW) Heuristic：將所有等待時間平均分給每位顧客；最後模擬在不同動態度和可等待時間下的結果。

邱佩諄(1991)[23]對國際快遞運務員動態調派進行研究，主要探討在傳統固定責任區下，是否要跨區調派，結果顯示跨區調派可減少成本，但會造成勞役不均和服務水準下降，顯示路線長度與勞役不均和服務水準之間存在替換(trade-off)關係。

Bell 等學者(2005)[2]對計程車車輛派遣問題進行研究，主要探討如何有效派遣計程車，以達到顧客等待時間最少。此文章透過 Look-ahead 的方法藉由歷史資料來預測未來需求產生的空間分佈與時間分佈，其假設派遣車輛者知道各個車輛的即時位置，再利用模擬方式進行測試後，顯示運用 Look-ahead 的方法進行預測，可有效減少顧客的等待時間。

由於本研究需運用資料分群方面的演算方法，且分群法的運用層面相當廣泛，因此下一章節即針對本研究所應用的資料分群相關文獻進行回顧。

2.6 資料分群方法

資料分群目的是在所有資料中，找出有相關屬性的資料物件，分類到相同類別集合中，透過群聚(Clustering)的過程，將原始資料分成各個子類別。例如它可透過數學方法來尋找空間的相似性，而分析最終目的是將資料進行分類的工作。

分群方法相關研究已被廣泛運用到各種領域，包括資料探勘、市場分析、醫學科技等。而以探討的分類方法大約可條列如下[16]：

1. Partitioning

此種方法目標通常是將資料分割到類似小群組裡，創造分群的集合。通常是將資料分成子集群，因此在給定的子集群之內指向在對其他子集群的成員顯著不同時，以及對彼此有一定程度的相似性，這樣的子集群通常叫作一分群，分群方法如：k-means。

2. Hierarchical

在資料分群時，將資料結構分類成樹狀的方式。方法分成凝聚法(agglomerative)為由下往上(bottom up)及分散法(divisive)為由上往下(top down)。

3. Density-based

資料在分類時，將密度高於一門檻值的鄰近區域(neighborhood)聚集成一群聚。

4. Grid-Based

將資料空間量化成許多格子(Grid Cell)的格子基礎群聚演算法(Grid-based clustering algorithms)，其每一個格子內皆可以隱藏許多資訊，因而大量的減少群聚的時間。

5. Model-Based

將資料做模式的假設，並找出最適合的數學模式，主要有兩種方法：statistical approach、neural network approach。

因為本研究主要分群的對象為顧客需求點，假設每位顧客之間的差異只有距離場站遠近，並無質量等較複雜的資料差異，且分群的數量不大。接下來會介紹適合本研究的分群方法。

2.6.1 k-means 分群演算法

k-means 是由 MacQueen(1967)[20]所提出的分群演算法，指在一待分群的 n 筆資料中，給定一分群數目 k 個($k \leq n$)，k-means 會將資料分群成 k 個群集。群集由空間鄰近點所構成，在群集內的屬性有相似性質(similar)，而群集間會有相異性質(dissimilar)。k-means 的優點是迅速、簡單有效率，但缺點是容易受到離群值的影響[16]。

Algorithm: k-means. The k-means algorithm for partitioning based on the mean value of the object in cluster.

Input: The number clusters k and a database containing n objects.

Output: A set of k clusters that minimizes the squared-error criterion.

Method:

- (1) arbitrarily choose k objects as the initial cluster centers;
- (2) repeat
- (3) (re) assign each objects to the cluster to which the object is the most similar, based on the mean value of the objects in the cluster;
- (4) update the cluster means, i.e., calculate the mean value of the object for each clusters;
- (5) until no change;

圖 2.1 k-means 分群演算法 [Anderberg, 1973]

2.6.2 k-medoids 分群演算法

由 Kaufman 與 Rousseeuw [10]所提出，相較於 k-means，k-medoids 較不易受到離群

值的影響，但執行上需花費相當多的運算能力，所以 k-medoids 較適合應用在小型的資料。

Algorithm: k-medoids. The k-medoids algorithm for partitioning based on the medoids or central object.

Input: The number clusters k and a database containing n objects.

Output: A set of k clusters that minimizes the sum of the dissimilarities of all objects to their nearest medoid.

Method:

- (1) arbitrarily choose k objects as the initial medoids.
- (2) repeat
- (3) assign each remaining object to the cluster with the nearest medoids;
- (4) randomly select a nonmedoid object, o_{random} ;
- (5) compute the total cost, S, of swapping o_j with o_{random} ;
- (6) if $S < 0$ then swap o_j with o_{random} to form the new set of k medoids;
- (7) until no change;

圖 2.2 k-medoids 分群演算法 [Kaufman & Rousseeuw. 1990]

2.7 小結

雖然已有很多學者提出關於動態車輛派遣策略方面的研究與應用。在空間上的策略包括 Reposition、Diversion、DDR、DFR 等，在時間上的策略則包括 DF、WF、DW 等各種應用的等待策略。從目前實務上的快遞運務員派遣策略來看，多是屬於每位運銷員皆有固定的責任區域，惟彭佑甯(2008)[26]以 DW 概念為基礎，首先提出動態分區策略，並在均勻且無尖峰時段之情境下，討論快遞運務員服務於責任區域所適用的派遣策略，並整理出動態分區策略在平均旅行距離的優勢，平均等待時間上的缺點與勞役不均程度的變化。

故本研究將延續彭佑甯(2008)[26]所提出的動態分區策略，並針對不同空間與時間在分佈上特性，為動態分區策略加入新的要素，使其產生以等待需求數量，或等待時間間隔為分群條件之機制，以即時的資訊動態派遣運務員，然後與不分區策略，以及固定分區策略進行比較，期望在不同的最終目標下，彙整出各種情境時所適合的派遣策略。

第三章 多運務員動態派遣策略之定義

本研究之問題特性為含有服務時間範圍的動態多旅行推銷員問題，需求點無法事先得知，因此無法像傳統的靜態車輛路線問題可求出最佳解。且又為一動態問題，資料情境皆較為複雜，目前也未有文獻提出關於動態車輛路線問題相關之標竿題庫。故本研究將利用系統模擬方式，來研擬各種調派策略在不同需求特性環境下的表現，本章節將說明多運務員動態派遣策略之定義，以及顧客需求產生方法、時間與空間分佈上不同的需求特性與衡量結果的績效評估指標。詳細的問題定義可整理如表 3.1。

表 3.1 研究問題定義

已知條件	決策變數	目標
<ul style="list-style-type: none"> ◎空間範圍與分佈特性 <ul style="list-style-type: none"> ◦均勻分佈 ◦群聚分佈* ◎時間範圍與分佈特性 <ul style="list-style-type: none"> ◦無尖峰 ◦單尖峰* ◦雙尖峰* ◎顧客需求(N) <ul style="list-style-type: none"> ◦隨機產生 ◎僅考慮取件、單場站 	<ul style="list-style-type: none"> ◎運務員數量(k) ◎分區派遣策略 <ul style="list-style-type: none"> ◦不分區 ◦固定分區 ◦動態分區 <ul style="list-style-type: none"> └ 等待訂單數量* └ 等待時間間隔* 	<ul style="list-style-type: none"> ◎營運成本最小化 <ul style="list-style-type: none"> ◦最少運務員數量* ◦最短總旅行距離* ◎勞役分配平均化* <hr/> <p style="text-align: center;">限制</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ◎服務水準 <ul style="list-style-type: none"> ◦平均等待時間($\leq 60\text{min}$)*

本研究雖然將延續彭佑甯所提出的動態分區策略，但當時對於服務環境的假設僅有均勻分佈且無尖峰時段一種情境，也因為情境假設較為傳統，而使得動態分區策略的分群條件在參數設定上較為簡化。本研究為使決策者在進行決策時有所輔助，故在情境假設的部份，依實際現況中，空間與時間在分佈特性上的不同加以設定，並且依據服務環境的特性，重新設計動態分區策略的分群條件。而後以最少營運成本為目標，加入對於顧客平均等待時間的限制條件，彙整出各種情境下，滿足限制並達成目標的派遣策略。其中與彭佑甯[26]主要差異的部份，如表 3.1 中*號所示。

本研究將利用系統模擬方式，來研擬各種調派策略在不同需求特性環境下的表現，本章節將介紹派遣策略在模式上的基本假設，而在模擬動態車輛路線問題可分為兩部份，一種是對於目前已知的需求點做基本的路線指派(Assignment)，另一種則是即時的運務員派遣方式(Dispatching)。系統模擬示意圖可參考圖 3.1。

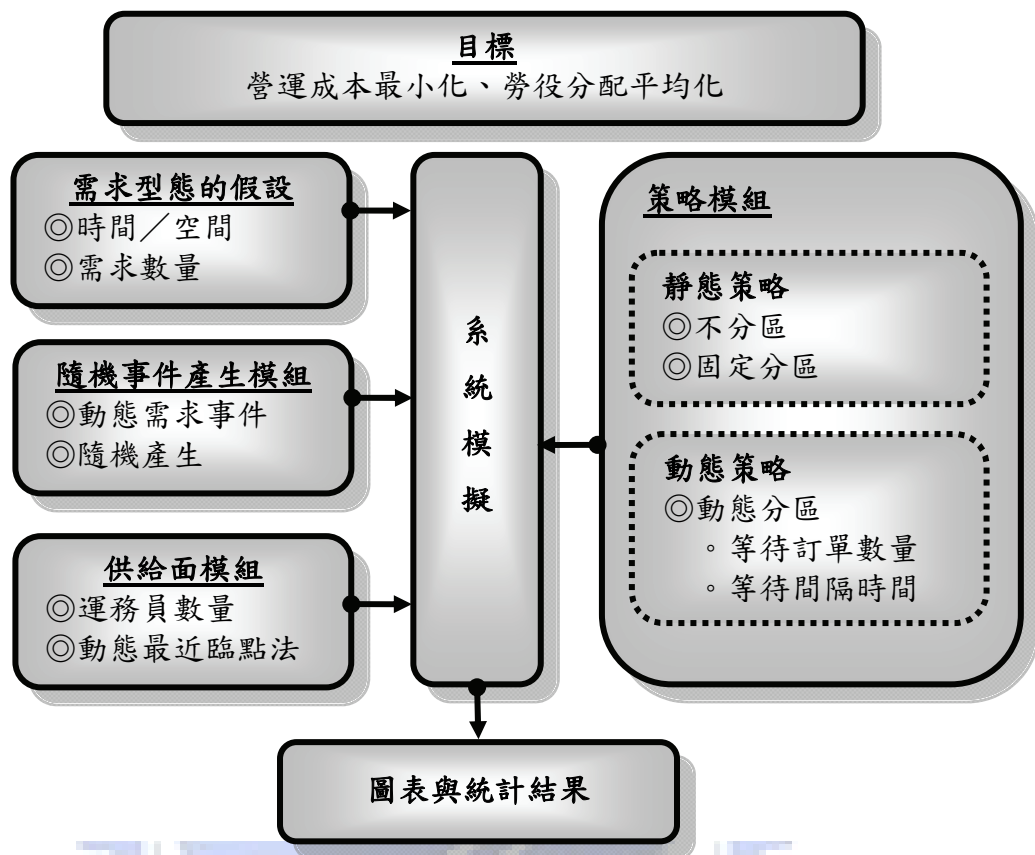


圖 3.1 系統模擬示意圖

3.1 路線指派與分區派遣策略

本研究在路線指派上，對於動態車輛路線問題所產生的點，採用動態最近鄰近點法 (Dynamic Nearest Neighbor) 的方式。當運務員服務完顧客需求後，對目前已知但尚未服務的顧客進行搜尋，選擇距離最近者為下一個服務之顧客，並且其更新路線只在顧客點上發生。

分區派遣策略考慮不分區、固定分區、動態分區三種不同的運務員分區派遣方式。以下章節將對運用的策略與概念做基本的介紹。並配合小型例題來示意運務員移動的方式。下圖 4.1 為小型例題需求位置相對關係圖，中間為場站，數字代表需求出現的順序，為要清楚說明每個策略，各策略需求點出現的順序相同，但時間會有些許差異。

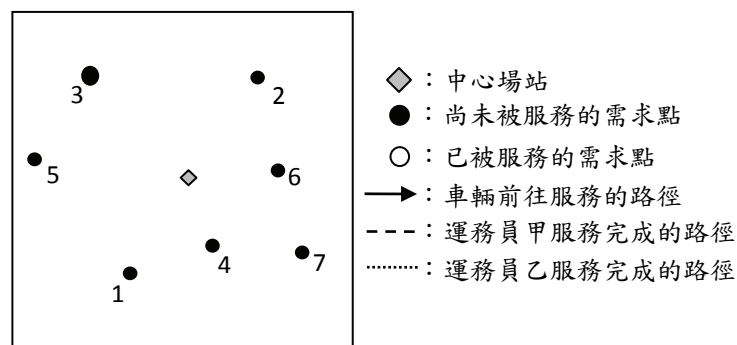


圖 3.2 小型例題需求位置相對關係圖

3.2 不分區策略

所有運務員共同服務範圍內的需求點，當服務完目前的顧客，便前往到目前已知的最近顧客點服務，若沒有可服務顧客，則在目前完成服務位置等待。不分區且不加入其他的派遣策略 僅考慮基本的路線指派，為最基本的方式，可為其他的策略比較基準。

依照圖 3.2 的動態需求，不分區策略示意如圖 3.3 所示：

- 1 運務員甲服務需求 1，需求 2 出現則派運務員乙服務。
- 2 3 4 5 當運務員服務完目前的需求，則考慮目前最近的需求點。
- 6 服務完所有的需求點則回場站。
- 7 完成所有服務的路線。

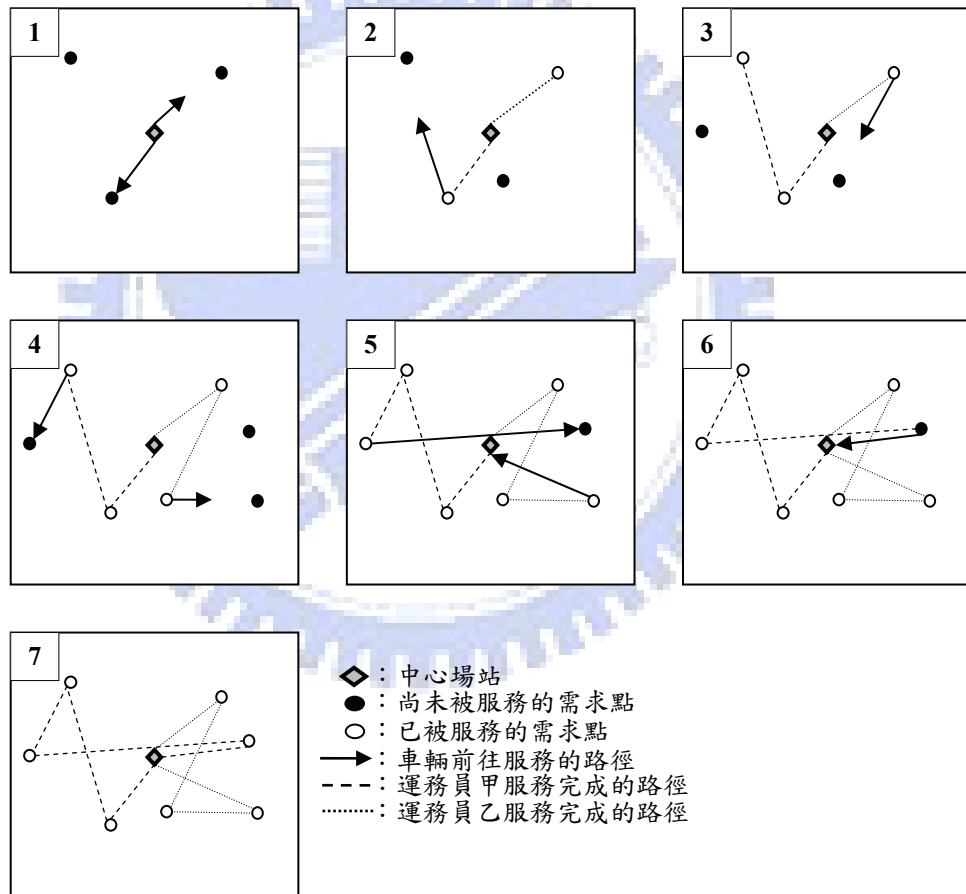


圖 3.3 不分區運務員移動圖

3.3 固定分區策略

劃分固定服務範圍，每位運務員只負責規定的責任區，當服務完目前顧客，則前往服務離目前最近的顧客，若無可服務顧客，則在目前位置等待。

依照圖 3.2 的動態需求，固定分區示意說明如圖 3.4 所示：

- 1 運務員分別服務需求 1, 2，需求 3, 4 出現。
- 2 運務員分別服務 3, 4 後，需求 5, 6, 7 出現。
- 3 運務員乙先服務較近的需求 7。
- 6 完成所有服務的路線。

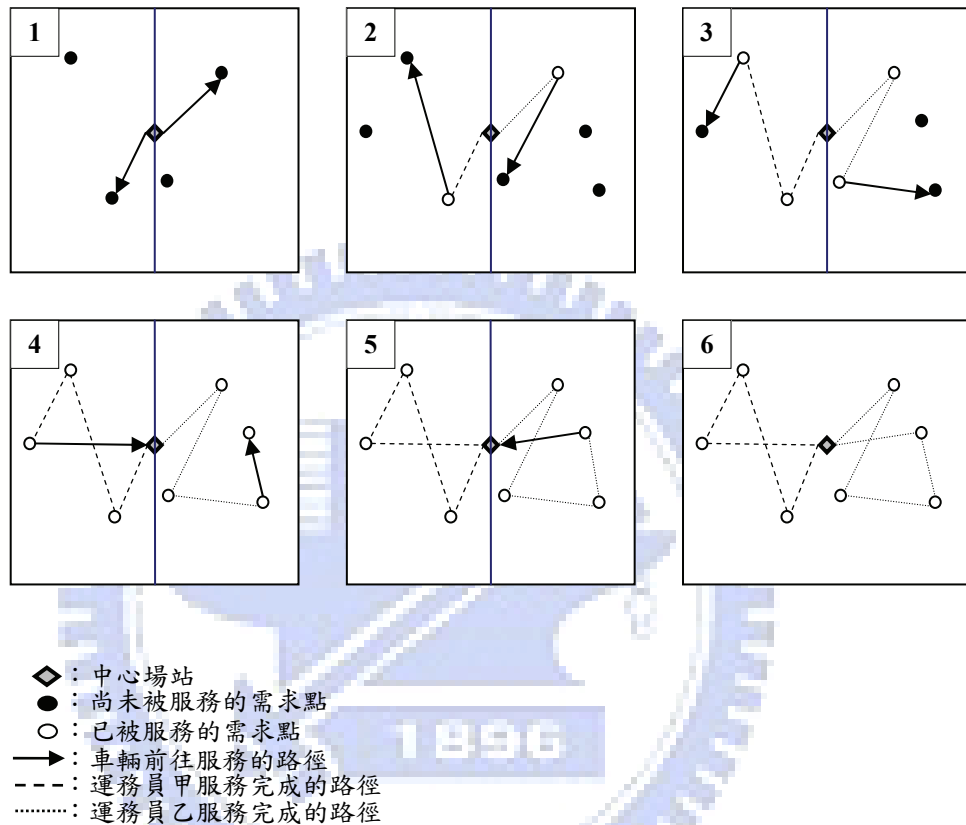


圖 3.4 固定分區運務員移動圖

3.4 動態分區策略

動態分區是採用動態等待的概念，最初運務員會在場站等待，依據不同進行分群動作的條件，當滿足條件時，則對目前已出現的顧客點做 k-medoids 分群，再以目前的分群做為基準，劃分服務區域(以各分群的中心點做 Voronoi 圖形，詳見附錄 B)，每區指派一位運務員服務，開始服務，在派送運務員時，以選取所有車輛與分區組合中，成本最小的為原則。接下來每當到達分群動作的條件時，會再重新執行動態分區。

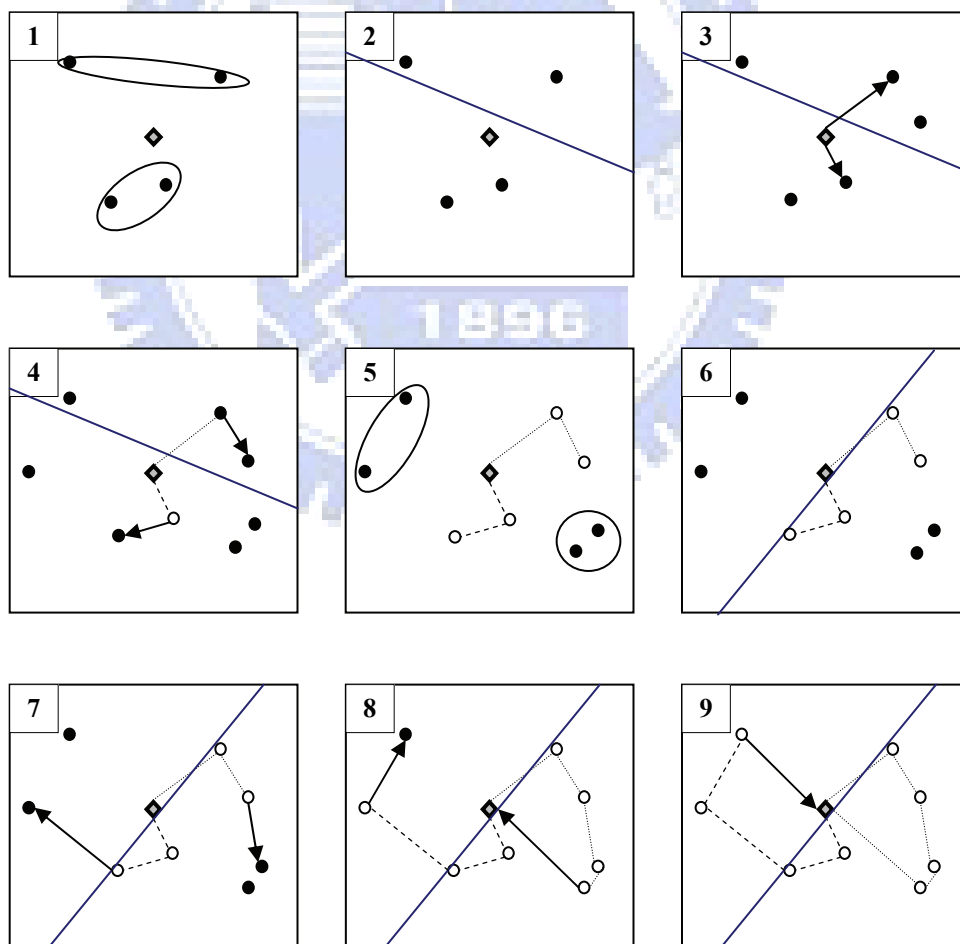
本研究所設定的分群動作之條件有以下兩種：

- (1) 等待需求量：由參數 M 表示每位運務員所需等待的需求量，分別討論 1、3、5、7、9 個需求量之情況。

(2) 等待時間間隔:由參數 W 表示每位運務員所需等待的時間間隔,分別討論 10、20、30、40 分鐘之情況

依照圖 3.2 的動態需求,動態分區示意說明如圖 3.5 所示:

- 1 等待到滿足分群動作之條件時,將目前已知的需求點 1,2,3,4 分群。
- 2 以各分群點中心來劃分服務區域。
- 3 運務員分別服務需求點 1,2 時,需求點 5,6 出現。
- 4 運務員分別服務分區內目前最近的需求點。
- 5 到達重新分群動作之條件時,將目前已出現且尚未服務的顧客點做分群。
- 6 重新分區,並決定每為運務員負責的分區(選取所有分區中心點和各運務員的位置做配對,取最小成本的組合)。
- 7 將運務員重新分配服務區域。
- 10 完成所有服務的路線。



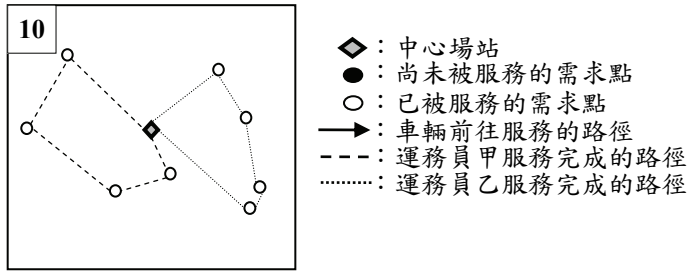


圖 3.5 動態分區運務員移動圖

3.5 衡量結果之績效指標

在本研究中，對於每種策略的結果，將以三種衡量的績效指標加以比較分析，分別是營運成本、服務水準與勞役分配，由此可針對不同的目標導向，來選擇該需求環境下較合適的動態派遣策略。其中會運用到的參數定義如下：

D_i = 運務員 i 總旅行距離

D_t = 所有運務員總旅行距離

\bar{D} = 平均旅行距離

N = 總需求數量

K = 運務員數量

T_1 = 接受訂單時段

T_2 = 服務需求時段

T_{ri} = 接受到顧客 i 的訂單的時間點

T_{ai} = 運務員到達顧客 i 的位置的時間點

T_s = 到站服務時間

t_i = 運務員 i 的平均閒置時間

\bar{t} = 平均每位運務員的閒置時間

3.5.1 營運成本

本研究中，營運成本是藉由旅行距離來作為衡量的指標。而旅行距離的計算方式分別有總旅行距離與平均服務每位顧客點的平均旅行距離。

總旅行距離為每位運務員旅行距離的加總，其定義如下：

$$D_t = \sum_{i=1}^K D_i \quad (1)$$

平均服務每位顧客點的平均旅行距離，其定義如下：

$$\bar{D} = \frac{D_t}{N} \quad (2)$$

3.5.2 服務水準

本研究中，服務水準是根據平均每位顧客等待時間的多寡來作為衡量的指標。從顧客需求產生到運務員開始服務此需求點的時間間隔即為顧客等待時間。

平均每位顧客的等待時間，其定義如下：

$$W = \frac{\sum_{i=1}^N (T_{ai} - T_{ri})}{N} \quad (3)$$

在現實的情況中，顧客在滿意的等待時間上並沒有明確的指標，但為了能夠合理的進行討論，本研究將假設每位顧客可接受的最長等待時間為 60 分鐘。

3.5.3 勞役分配

本研究中，勞役分配是依據每位運務員在服務時間內閒置時間差異來判定，並透過變異係數(Coefficient of Variation)的概念來作為衡量的指標。從實務經驗上可觀察出，如果多位運務員在工作時的勞役程度不均等，不僅會影響運務員的工作情緒，因此間接地連帶影響整體的工作效率與顧客等待時間的長短等。

所以在勞役不均度的計算上，將透過正規化(Normalized)後的變異係數，並以百分比來表示。

每位運務員服務顧客數量的變異係數百分比，其定義如下：

$$L = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (t_i - \bar{t})^2}{K}}}{\bar{t}} \times 100\% \quad (4)$$

第四章 情境產生機制

4.1 動態需求事件產生

本研究在不同空間與時間分佈特性下，由隨機亂數於限定的範圍內，動態產生顧客需求事件，且各顧客需求之間互為獨立事件，彼此沒有關聯且互不影響。

而所謂的隨機亂數指的是一正實數數列，其中每個數值事先無法估計，且無法得知其排列順序，即代表每個隨機亂數之間互相獨立且不具規則性。本研究在空間與時間分佈上，會根據不同的基本假設去限定住空間範圍與時間範圍，並且在這些被限定的時空範圍內，動態地產生符合各情境所需要的顧客數量。在以下章節中，將針對在時間與空間分佈中，需求事件產生的方式做更詳細的說明。

4.2 基本環境之模擬假設

本章節將在模擬測試前，對於模擬情境產生的機制進行假設與步驟的說明，其中需求型態、供給面模組、策略面模組的基本假設與參數設定如下所示。

需求型態的基本假設：

- (1) 服務範圍：服務範圍為 10×10 公里的矩形。
- (2) 接受訂單時段(T_1)：接受訂單的時間為 10:00 到 16:00，共 360 分鐘。
- (3) 顧客訂單：以小型包裹、信件為主。

供給面模組的基本假設：

- (1) 營運服務時段(T_2)：營運服務時間為 10:00 到 17:30，共 450 分鐘。
- (2) 顧客服務時間：每位顧客接受的服務時間為 5 分鐘。
- (3) 出發位置：每位運務員皆由服務範圍中心點的場站出發。
- (4) 行車速度：每位運務員的車輛速度為每小時 30 公里。
- (5) 貨車容量：無容量限制。

策略面模組的基本假設：

- (1) 兩點間距離為歐幾里德距離(Euclidean Distance)。

運務員的行走路徑為在服務範圍內的任兩點間最短直線距離，而不考慮實際路網中的行走路徑。

- (2) 一個責任區只由一位運務員負責。
- (3) 在一定的時間範圍內完成所有服務作業。

關於系統模擬的情境參數有以下假設：

- (1) 需求數量(N)：在整個服務範圍與可接受訂單時段內，總需求數量上考慮 60、

90、120、150、180、210 位顧客。

- (2) 運務員數量(K)：在每個情境內，皆派遣 2、3、4 位運務員。
- (3) 等待需求數量(M)：動態分區策略中分群動作之條件，每位運務員所需等待的需求數量，分別討論等待 1、3、5、7、9 個需求量之情況。
- (4) 等待時間間隔(W)：動態分區策略中分群動作之條件，每位運務員所需等待的時間間隔，分別討論等待時間間隔 10、20、30、40 分鐘之情況。

4.4 時間分佈之模擬假設

在時間分佈的需求特性上，隨機需求事件之產生機制為利用連續型均勻分配來產生每一位顧客出現的時間。本研究將模擬現實生活中可能發生的無尖峰時段，單尖峰時段與雙尖峰時段三種時間分佈來進行討論。不同時間分佈特性下，各時段內需求量所佔總需求量百分比之關係，將於以下小節中詳細說明。

4.4.1 無尖峰時段

在本研究中，無尖峰時段將會在整個接受訂單時段內均勻的產生顧客需求，也就是在可接受訂單時段內，以 $[0, 360]$ 為範圍，針對每一位顧客產生一個對應的時間，在整個時間範圍內，每一個時間點上產生顧客需求事件的機率都相同。如圖 4.1 所示。

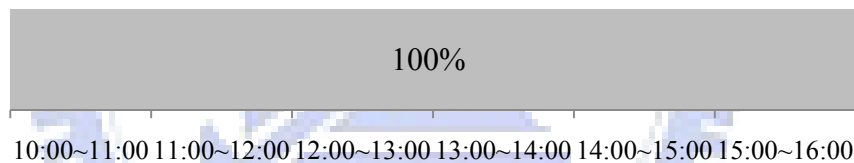


圖 4.1 無尖峰時段示意圖

在現實情況中，無尖峰時段常發生在一年當中的淡季，在這幾個月當中，貨運業者所接受的訂單數量會較為穩定。

4.4.2 單尖峰時段

單尖峰時段是指，在接受訂單的時間內，10:00 到 12:00 共 120 分鐘內，會產生佔總需求量 60% 的顧客訂單，而 12:00 到 16:00 共 240 分鐘內，會產生佔總需求量 40% 的顧客訂單。也就是說以 $[0, 120]$ 為範圍，針對 60% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間，同樣地，以 $[120, 360]$ 為範圍，針對 40% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間。在各個時間範圍內，每一個時間點上產生顧客需求事件的機率都相同。如圖 4.2 所示。

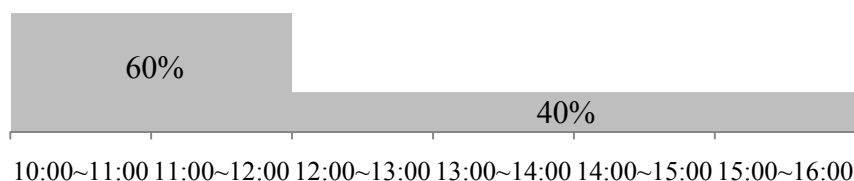


圖 4.2 單尖峰時段示意圖

在現實情況中，各大貨運業者皆會提供今日中午前收件，明日送達的特殊服務，在本研究中將藉由單尖峰時段來模擬貨運業者在提供此服務時，前一日要在上午收貨的條件下，所引起的尖峰情況。

4.4.3 雙尖峰時段

雙尖峰時段是指，在接受訂單的時間內，11:00 到 12:00 與 14:00 到 15:00 各 60 分鐘內，各會產生佔總需求量 30% 的顧客訂單，而 10:00 到 11:00、12:00 到 14:00 與 15:00 到 16:00 內，則各會產生佔總需求量 10% 與 20% 的顧客訂單。也就是說以 $[0, 60]$ 為範圍，針對 10% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間，以 $[60, 120]$ 為範圍，針對 30% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間，以 $[120, 240]$ 為範圍，針對 20% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間，以 $[240, 300]$ 為範圍，針對 30% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間，以 $[300, 360]$ 為範圍，針對 10% 中的每一位顧客各別產生一個對應的時間。在各個時間範圍內，每一個時間點上產生顧客需求事件的機率都相同。如圖 4.3 所示。

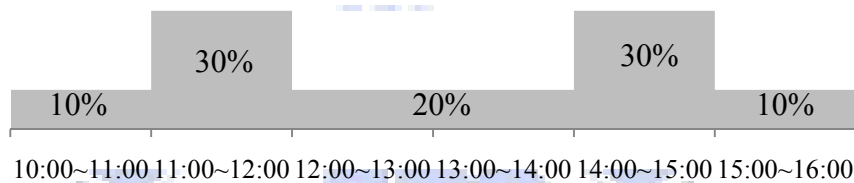


圖 4.3 雙尖峰時段示意圖

在現實情況中，一般公司行號的中午休息時間前與當日下午下班前，因員工作業上的習慣，往往會出現訂單需求量驟增的現象，在本研究中將藉由雙尖峰時段來模擬貨運業者在此時收件的情形。

4.5 空間分佈之模擬假設

在空間分佈特性上，除了一般的均勻分佈外，將探討因需求密度的不同而產生的群聚區域，而群聚區域的需求密度將分為兩種類型，並於以下小節內逐一說明。

在本研究中除了考慮一般常見的均勻分佈外，另外探討因需求密集度的不同而產生的群聚(Cluster)區域；均勻分配所產生的空間分佈是指在空間中每一個區域、每一個位置上的顧客產生機率皆相同，而有群聚區域之情形則是在空間中某些特定的區域範圍內存在較高的需求密度，這好比都市中心或是人口密集的区域，其顧客產生之機率一定較城外郊區或是人煙稀少的區域來得高。

根據情境假設的不同，整個服務範圍內可存在多個群聚區域，當群聚區域的數量越多時，群聚區域彼此之間會產生相互影響的變因。故為了能明顯比較均勻分佈與群聚分佈之差異，在此僅考慮整個服務範圍內產生的群聚區域為一個的情境。更進一步的空間分佈之模擬假設將在第五章中詳細說明。

4.5.1 均勻分佈

均勻分佈在本研究中是指，服務範圍內每一個區域，每一個位置產生顧客需求的機率皆相同。其產生方式以二維座標 (x, y) 來表示， x 座標與 y 座標皆以 $[0, 10]$ 為範圍，針對每一位顧客各別產生一組對應的二維座標。在現實情況中，能完全符合均勻分佈的大型服務範圍並不多見，若是縮小範圍至特定的商業區、科學園區、偏遠郊區等，即可發

現此類整體需求密度較高，或是較低且近似均勻分佈的地區。在多數的文獻中，均勻分佈也是常被建立的空間分佈之一，因為後續會探討群聚分佈，故均勻分佈在本研究中除了分析各策略執行效果外，亦作為不同空間分佈在比較上的基礎。

4.5.2 群聚分佈

群聚分佈是指，在空間中存在某個需求密度較高的區域，類似都市的中心，產業發展園區或是人口密集的区域。其中圓形部份 C_1 與環形部份 C_2 內，顧客需求的產生方式是以圓心 $(0, 0)$ 、半徑 r_1 、 r_2 ，與角度 θ_1 、 θ_2 來計算產生，半徑的部份由各區佔總面積之百分比換算可得 $(0 < r_1 \leq \sqrt{20/\pi}$ 、 $\sqrt{20/\pi} < r_2 \leq \sqrt{50/\pi})$ ，而角度 θ_1 、 θ_2 則限制在 $[0, 2\pi]$ 之間，然後根據各參數範圍的限制，針對各區內可產生的顧客數量生成對應的二維座標；而在 U 的部份，其產生方式亦以二維座標 (x, y) 來表示， x 座標與 y 座標皆以 $[0, 10]$ 為範圍，針對可產生的顧客數量各別產生一組對應的二維座標，但若產生了與 C_1 、 C_2 重疊的顧客需求，則會在刪去之後重新產生，直到重疊的部份完全被排除為止。

在本研究中對於群聚分佈的模擬假設如圖 5.3 所示。

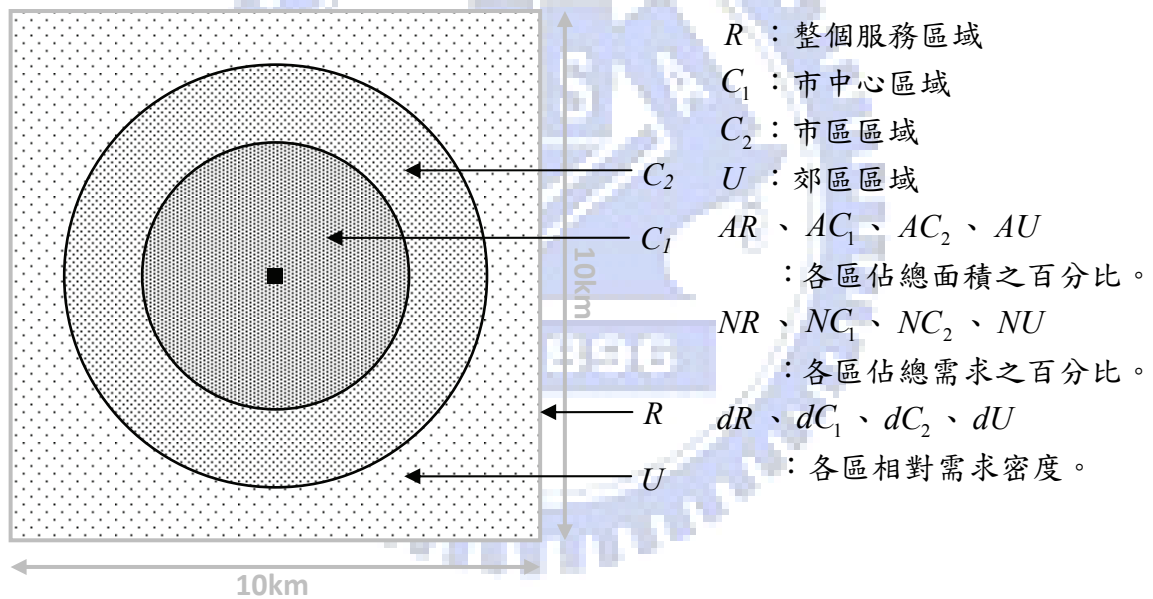


圖 4.4 群聚區域的空間分佈圖

服務區域內各區域之邏輯關係如下：

$$R = U \cup C_1 \cup C_2, U \cap C_1 = \{\emptyset\}, U \cap C_2 = \{\emptyset\}, C_1 \cap C_2 = \{\emptyset\}$$

總服務區域面積之百分比為各區域面積所佔百分比的加總，其定義如下：

$$AR = 100\%, AC_1 = 20\%, AC_2 = 30\%, AU = 50\%$$

總服務區域需求量之百分比為各子區域需求量所佔百分比的加總，其定義如下：

$$NR = NU + NC_1 + NC_2, NR = 100\%$$

各區域相對於總需求密度的比率，其定義如下：

$$dU = \frac{NU}{AU}、dC_1 = \frac{NC_1}{AC_1}、dC_2 = \frac{NC_2}{AC_2}、dC_1 > dC_2 > dU、dC_1 : dC_2 = 2 : 1$$

為探討不同需求密度之群聚分佈，在執行各分區策略上的差異，本研究將固定各區域佔總面積的百分比($AC_1 = 20\%$ 、 $AC_2 = 30\%$ 、 $AU = 50\%$)，且維持 C_1 、 C_2 相對密度比不變($dC_1 : dC_2 = 2 : 1$)，以調整各區域內顧客需求數量的方式，設計以下兩種不同群聚程度的類型，詳細的參數設定如下：

(1) 70%群聚分佈：

此類型分佈是表示在整個群聚區域內的需求量佔總需求量的 70% ($NC_1 = 40\%$ 、 $NC_2 = 30\%$)，其相關參數設定為：

$$AC_1 = 20\% \quad NC_1 = 40\% \quad dC_1 = 2.0$$

$$AC_2 = 30\% \quad NC_2 = 30\% \quad dC_2 = 1.0$$

$$AU = 50\% \quad NU = 30\% \quad dU = 0.6$$

(2) 80%群聚分佈：

此類型分佈是表示在整個群聚區域內的需求量佔總需求量的 80% ($NC_1 = 45.71\%$ 、 $NC_2 = 34.29\%$)，其相關參數設定為：

$$AC_1 = 20\% \quad NC_1 = 45.71\% \quad dC_1 = 2.286$$

$$AC_2 = 30\% \quad NC_2 = 34.29\% \quad dC_2 = 1.143$$

$$AU = 50\% \quad NU = 20\% \quad dU = 0.4$$

第五章 情境測試結果與分析

在本章節中，將針對不同時間與空間分佈之情境進行探討。在模擬測試前，將對於模擬情境產生的機制進行假設與步驟的說明，而每種環境需求下的每個策略皆測試 100 個樣本數，再對各策略分析與結果比較。

5.1 顧客需求均勻分佈且無尖峰時段

5.1.1 不同參數值 M 與 W 對動態分區策略之影響

在動態分區策略執行上，則會因分群動作的條件設定的不同而有所差異，在第四章與第五章中，本研究已將動態分區策略的分群動作條件細分為等待限定的需求量，或是等待限定的時間間隔。為了避免後續章節在結果比較與分析上的篇幅過於龐雜，將先針對不同參數值 M 、 W 的動態分區策略進行比較，然後刪除不合理或結果近似的參數假設。其中動態分區策略在每位運務員各等待 1 個需求數量後，再執行分群動作，將簡稱 DM_1 策略；而動態分區策略在每位運務員皆等待 10 分鐘後，再執行分群動作，將簡稱 DW_10 策略，其餘部分亦依此原則簡化命名。

圖 5.1 表示不同需求數量下，執行各分區策略時，每位運務員到達每位顧客的平均旅行距離。

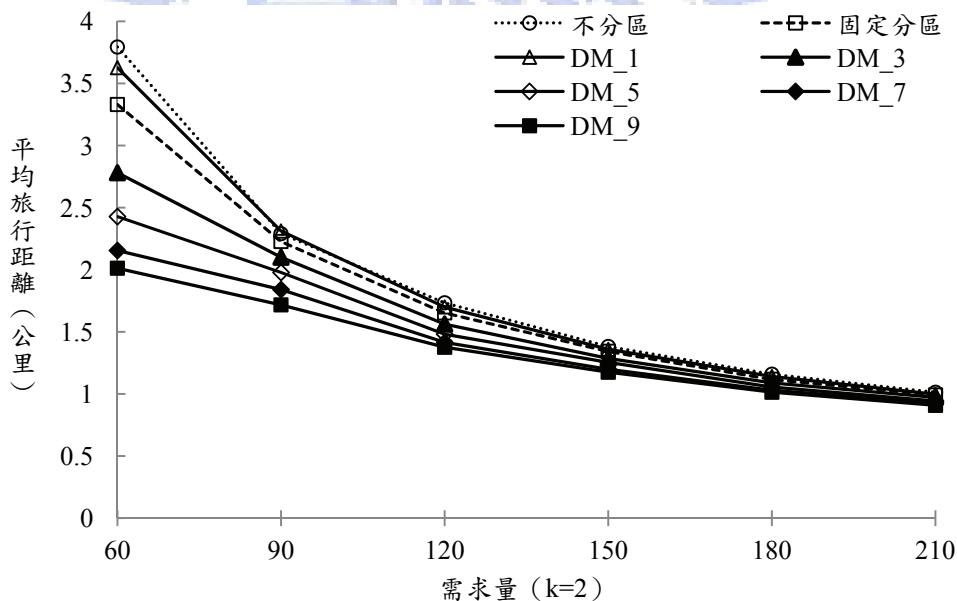


圖 5.1 平均旅行距離(k = 2)

由圖 5.1 觀察可發現，隨著參數值 M 越大，動態分區策略在平均旅行距離上的表現越好。但是因為 DM_1 策略僅等待 1 個需求數量的分群條件較容易達成，而會在較短的時間間隔內就進行下次分群，使得在平均旅行距離的效果上不如固定分區策略。因此於往後章節中，倘若 DM_1 策略沒有因情境不同而有所改變，將不針對 DM_1 策略進行討論。

圖 5.2 表示不同需求數量下，執行各分區策略時，每位顧客的平均等待時間。

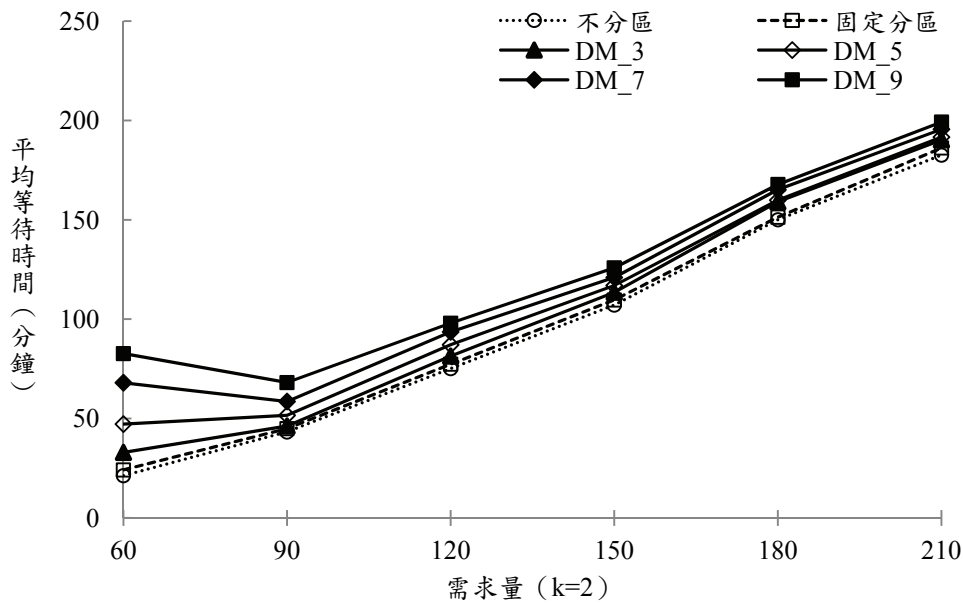


圖 5.2 平均等待時間(k=2)

由圖 5.2 觀察可發現，隨著參數值 M 越大，動態分區策略在顧客平均等待時間上的表現越差。但是當二位運務員各等待 7 個與 9 個需求數量時，動態分區策略會因為分群條件不易達成，而在經過較長的時間間隔後才進行分群，雖然在平均旅行距離的效果上有較好的表現。但即使在面對低需求(60~90)時，平均等待時間也已超過 60 分鐘，這與第四章中對於服務水準的假設，每位顧客可接受的最長等待時間為 60 分鐘相衝突。

因此，為了使後續討論能較為合乎常理，於往後章節中，倘若 DM_7 策略與 DM_9 策略沒有因情境不同而有所改變，將不針對 DM_7 策略與 DM_9 策略進行討論。

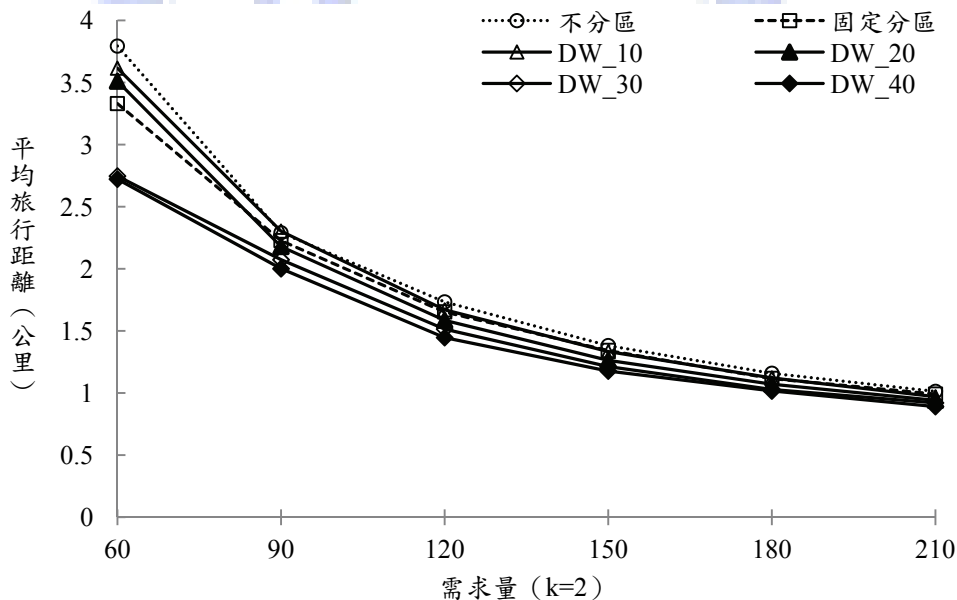


圖 5.3 平均旅行距離(k=2)

由圖 5.3 觀察可發現，隨著參數值 W 越大，動態分區策略在平均旅行距離上的表現越好。但是當二位運務員每間隔 10 分鐘與 20 分鐘後，便執行分群動作時，動態分區策略在此情境中，會因為在較短的時間間隔內無法收集足夠的顧客需求數量，就進行下

次分群，而使得平均旅行距離的效果不如固定分區策略。因此於往後章節中，倘若 DW_10 策略與 DW_20 策略沒有因情境不同而有所改變，將不針對 DW_10 策略與 DW_20 策略進行討論。

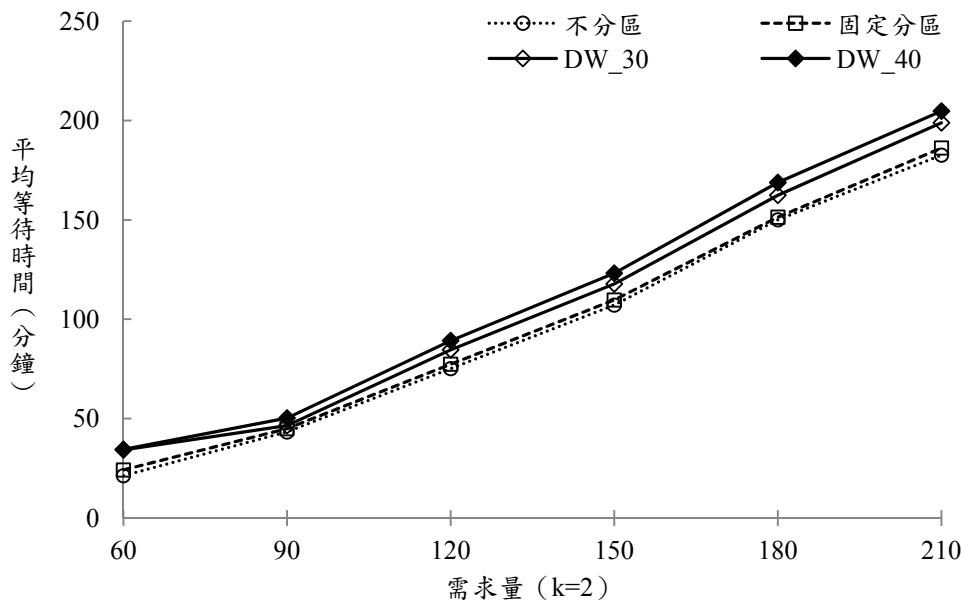


圖 5.4 平均等待時間(k=2)

由圖 5.3 與圖 5.4 觀察可發現，DW_30 策略與 DW_40 策略在此情境下，平均旅行距離與平均等待時間上的表現並沒有明顯地差異，因此為了使圖表分析在呈現上較為清楚明確，於往後章節中，倘若 DW_30 策略與 DW_40 策略之關係沒有因情境不同而有明顯變化，將僅針對 DW_30 策略進行討論。

根據圖 5.1 到圖 5.4 所呈現的結果，經過挑選後將保留不分區策略、固定分區策略、DM_3 策略、DM_5 策略與 DW_30 策略進行以下小節之比較與分析。

5.1.2 二位運務員服務之結果比較與分析

本小節為二位運務員同時服務於均勻需求分佈且無尖峰時段之情境時，在不同的需求數量下的表現，並且使用平均旅行距離、顧客平均等待時間與勞役不均程度三種衡量指標來進行結果比較與分析。

在平均旅行距離方面，由圖 5.5 觀察可發現，平均旅行距離最長的是不分區策略，其次為固定分區策略，平均旅行距離最短的是動態分區，且隨著動態分區參數值 M 的設定越高，所產生的平均旅行距離也就越低，在需求(60~90)時，DW_30 策略與 DM_3 策略的效果相近，隨著需求量的增加，當需求(120~210)時，DW_30 策略在平均旅行距離上最為節省。

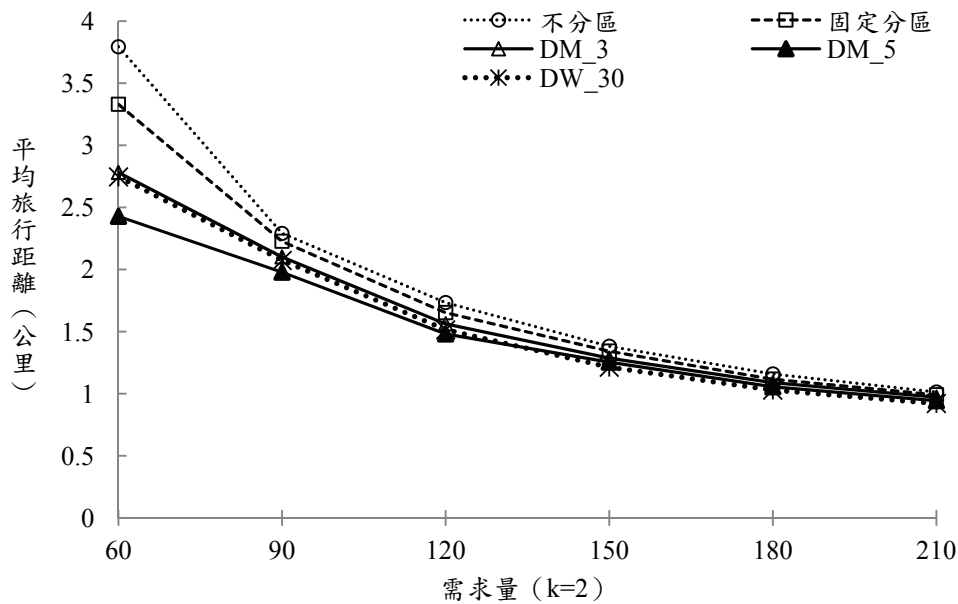


圖 5.5 平均旅行距離(k = 2)

不分區策略的平均旅行距離最長，是因為在有新的顧客需求產生時，若運務員已服務完手上現有的顧客需求，便會選擇前往離自己最近的新顧客需求進行服務。但因為每位運務員的責任區域都是包括全部的服務範圍，使得運務員兩地折返，或是繞路的機率變高，因此造成了平均旅行距離的增加。

固定分區策略能較不分區策略節省平均旅行距離，是因為每位運務員預先規劃了專職的責任區域，這些責任區域較小且限定了各運務員的服務範圍，雖然仍會有兩地折返與繞路的機率，但是可行的最長距離被責任區域限制住而縮短，因此會有較好的表現。

動態分區策略因為結合了動態等待(Dynamic Wait)的概念，所以相較於其他分區策略，動態分區策略能搜集更多的顧客資訊，並依照顧客需求所產生的位置來進行責任區域的劃分，因此有最好的績效表現。而參數 M 與 W 對於動態分區策略的影響，隨著需求量的增加，以參數 M 為分群動作條件的動態分區策略效果，會比以參數 W 為分群動作條件的動態分區策略效果略差，主要是因為 DM 策略受到顧客需求數量的限制，使得該策略在需求量越來越多時，會因為較容易滿足分群動作的條件，而在短時間內不斷地重新分群，這現象降低動態等待的優勢，而造成該策略在需求量(120 ~ 210)時的效果不如 DW 策略。

在顧客的等待時間方面，由圖 5.6 觀察可發現，平均等待時間最短的是不分區策略，其次為固定分區策略，平均等待時間最長的是動態分區，且隨著動態分區參數值 M 的設定越高，所產生的平均等待時間也就越長。在需求量(60 ~ 120)時，DM_3 策略與 DW_30 策略的效果差異不大，隨著需求量的增加，在需求量(150 ~ 210)時，DW_30 策略在平均等待時間上略為超過 DM_5 策略而成為最浪費的策略。

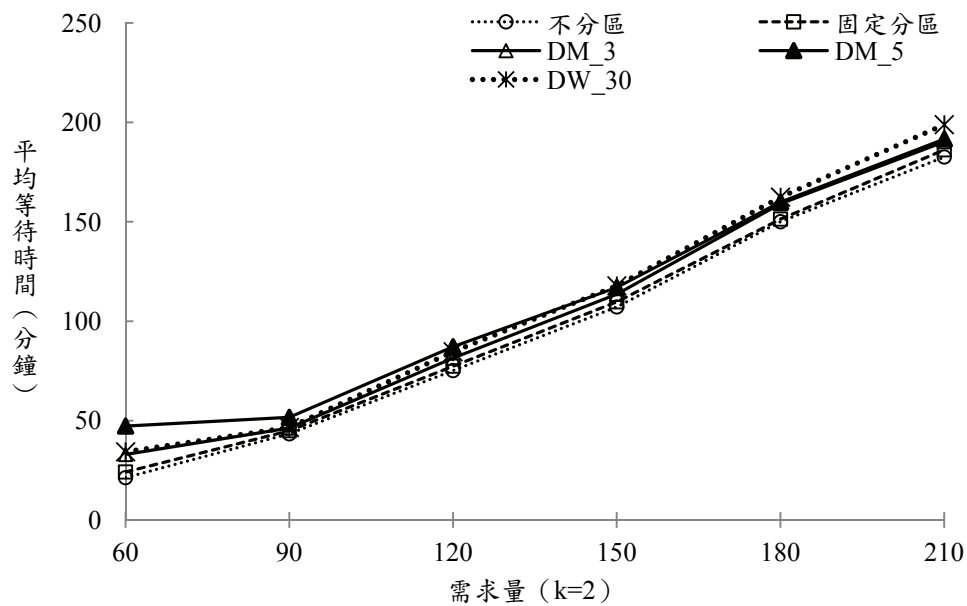


圖 5.6 平均等待時間(k=2)

不分區策略的顧客平均等待時間最短，是因為當一有新的顧客需求產生，運務員若已服務完手上現有的顧客需求，便會立刻前往離自己最近的新顧客需求位置進行服務，而且又因為每位運務員的責任區域都是包括整個服務範圍，這使得每位運務員面對新顧客需求時沒有責任區域的限制，因此顧客等待時間會是最短的。

固定分區策略會較不分區策略浪費顧客的等待時間，是因為在不分區策略中，每位運務員預先規劃了專職的責任區域，這些責任區域較小且限定了各運務員的服務範圍，因此會發生有新顧客需求出現，但閒置中的運務員因責任區域的限制而無法跨區前去服務，所以在顧客等待時間的績效表現上略遜於不分區策略。

動態分區策略在顧客等待時間上的評估最差，是因為除了發生與固定分區策略相同的情況外，又因為運用了動態等待的概念，因此與固定分區策略相較，動態分區策略會需要多花時間去等待定量的顧客需求陸續產生，或是受固定的時間間隔限制，因而在顧客等待時間的績效表現最差。

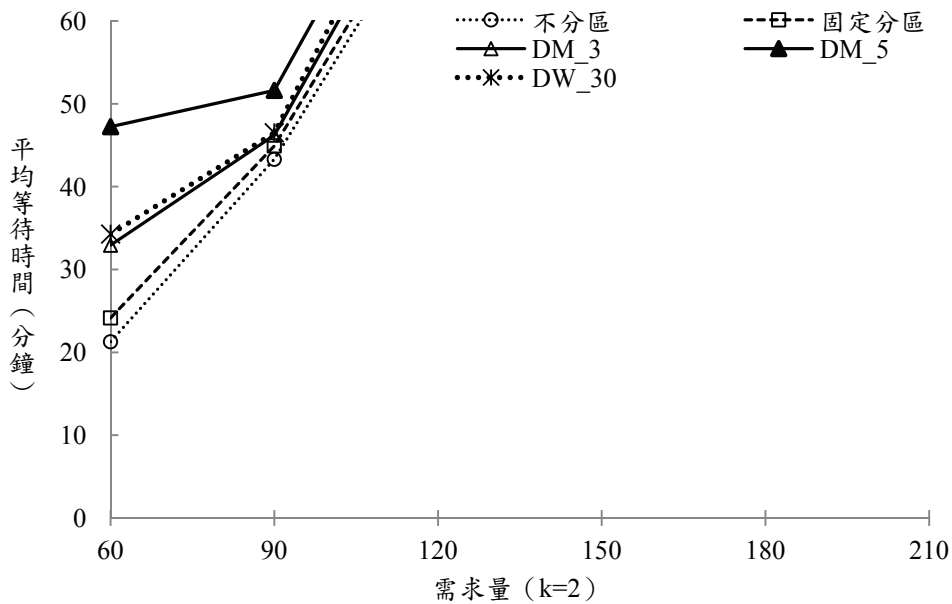


圖 5.7 平均等待時間_60 分鐘內完成(k=2)

由圖 5.7 可觀察出，當顧客可接受的等待時間限制為 60 分鐘時，在需求量(60~90)時，不分區策略、固定策略、DM_3 策略、DM_5 策略與 DW_30 策略皆可以達成此條件；整體而言，隨著需求量的增加，在超過 90 個需求量時，僅派遣二位運務員會因工作量無法負荷，而使得顧客等待時間越來越長。

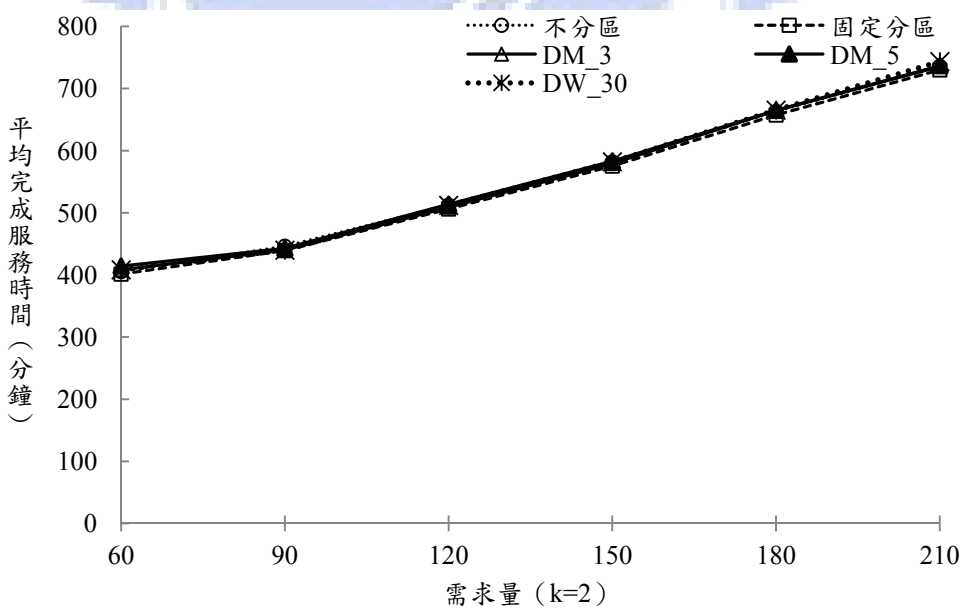


圖 5.8 平均完成服務時間(k=2)

由圖 5.8 可觀察平均完成服務時間，整體而言，各策略的平均完成服務時間很相近。不過在 120 個需求量以上時，平均完成服務時間便會超過規定的營運時間範圍。

由圖 5.9 可觀察出，勞役不均程度最差的是不分區策略。因為該策略中，每位運務員都必須服務整個服務範圍，運務員的閒置時間會受需求點所出現的位置影響，而造成有的運務員可以短時間內，順利地不斷服務著彼此相鄰較近的需求點，有的運務員則必

須長時間往返相鄰較遠的需求點，若都服務相同數量顧客需求時，前者的閒置時間便會高於後者，換言之，前者可以輕鬆完成工作，而後者必須辛苦地來回奔波，因此不分區策略在勞役不均程度上的表現最差。

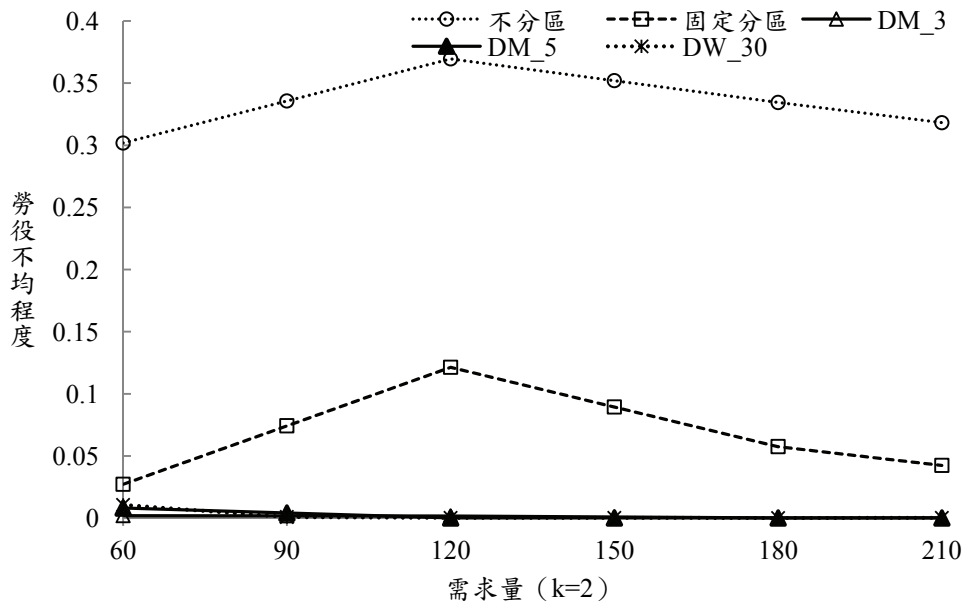


圖 5.9 勞役不均程度(k=2)

固定分區策略的勞役不均程度次之。因為該策略會依據面積均等的原則執行責任區域的劃分，所以每位運務員的服務範圍較小，故在工作期間，每位運務員閒置時間差異過大的情形會比不分區策略來的輕微，因此勞役不均程度較低。

動態分區策略的勞役不均程度最好。因為該策略在進行分群動作上有所限制，每一次進行分群時，運務員的責任區域會隨著需求數量與位置進行調整，因此各運務員的閒置時間長短會較為一致，且多數的閒置情形是因為運務員正在等待下一次的分群動作。

本研究之情境共有 9 種，搭配不同運務員之數量後，將有 27 種測試結果，以本小節的分析方式為例，將可對每種測試結果進行圖表繪製如附錄 A 所示。

若在單獨觀察平均旅行距離、平均等待時間與勞役不均程度上的變化，各策略的趨勢亦有雷同之處，為了避免論文篇幅過於龐雜，以下章節僅針對本研究所假設的目標來進行分析，並且整理出推薦的策略。

5.1.3 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於均勻分佈且無尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

其中營運成本方面，為了以貨運業者的角度來進行比較，將會把平均旅行距離換算為總旅行距離，以方便各種搭配之間的比較；而服務水準方面，則以顧客平均等待時間為評估的指標，並且依據上述章節所述，將限制顧客只願意接受平均 60 分鐘的等待時間；而勞役分配方面，由上一小節與附錄 A 觀察可知，不分區策略最差，固定分區策略次之，動態分區策略最佳的趨勢，並不會因為空間與時間分佈的不同而有所變化。

因此接下來的比較與分析，將以總旅行距離與平均等待時間的關係圖來進行策略比

較，並且在符合限制條件的情況下，分別以最少運務員數量與最短總旅行距離為目標進行策略推薦：

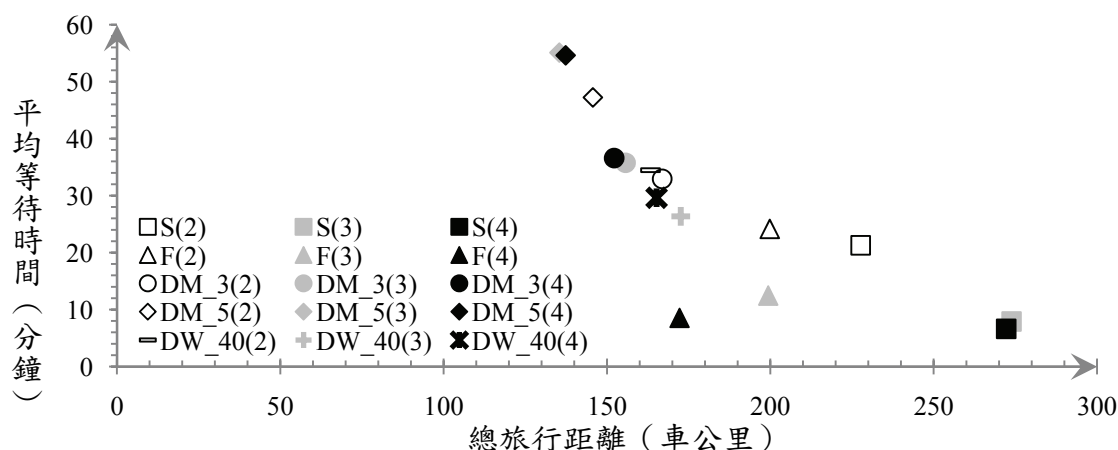


圖 5.10 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=60)

由圖 5.10 觀察可以發現，在 60 個需求數量時，二、三、四位運務員數量與各種派遣策略之搭配，都可以在顧客平均等待時間不超過 60 分鐘的限制下達成。因此可以根據營運成本最小化的目標來進行策略的推薦。

當決策者在此情境下，追求運務員數量最少時，只需要派遣二位運務員即可完成 60 個顧客的訂單需求，其中又以執行 DM_5 策略時所使用的總旅行距離最短，因此推薦二位運務員以 DM_5 策略來進行服務。

當決策者所追求的是總旅行距離最短時，派遣三位運務員以 DM_5 策略，與派遣四位運務員以 DM_5 策略來服務此刻顧客需求時，所使用的總旅行距離大約都在 135~137 車公里，但其中仍以三位運務員以 DM_5 策略進行服務時，所使用的總旅行距離最短，因此推薦三位運務員以 DM_5 策略來進行服務。

在此情境下，其它需求數量(90~210)中，不同運務員數量搭配各策略所執行的效果如圖 5.11 到圖 5.15，都將依照相同的方法來加以比較，然後彙整如表 5.1 所示。

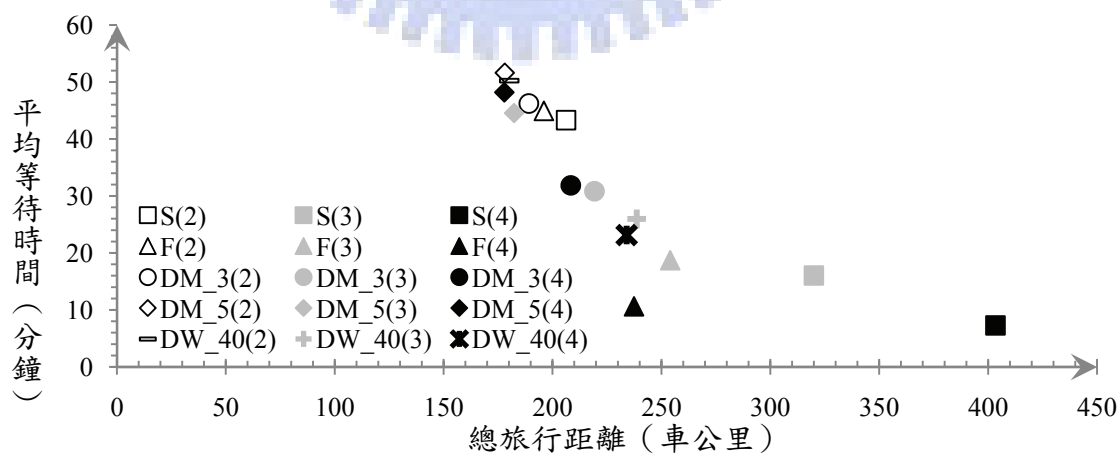


圖 5.11 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=90)

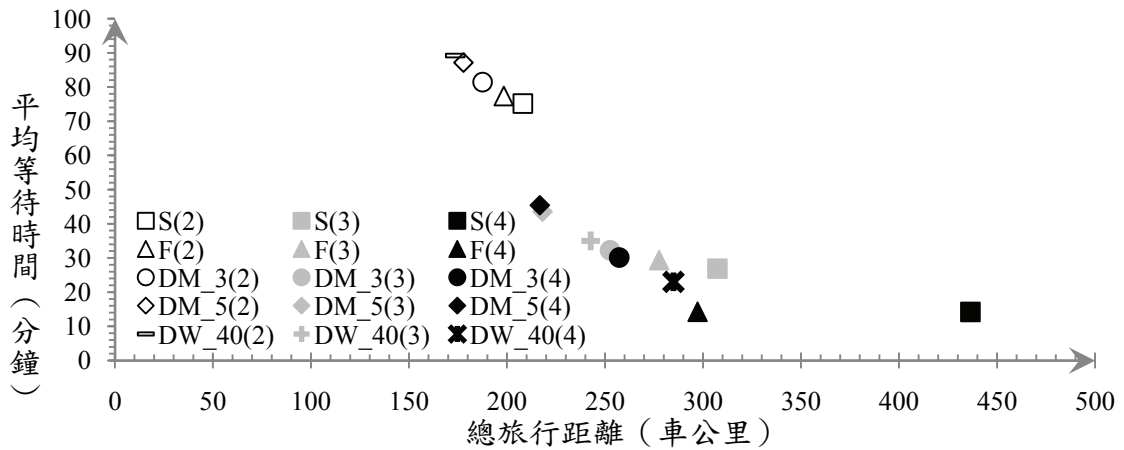


圖 5.12 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=120)

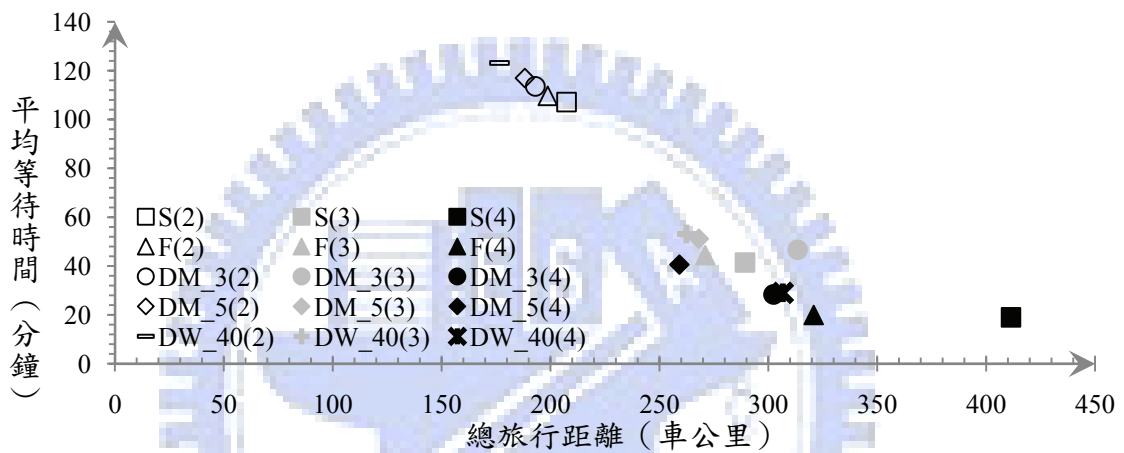


圖 5.13 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=150)

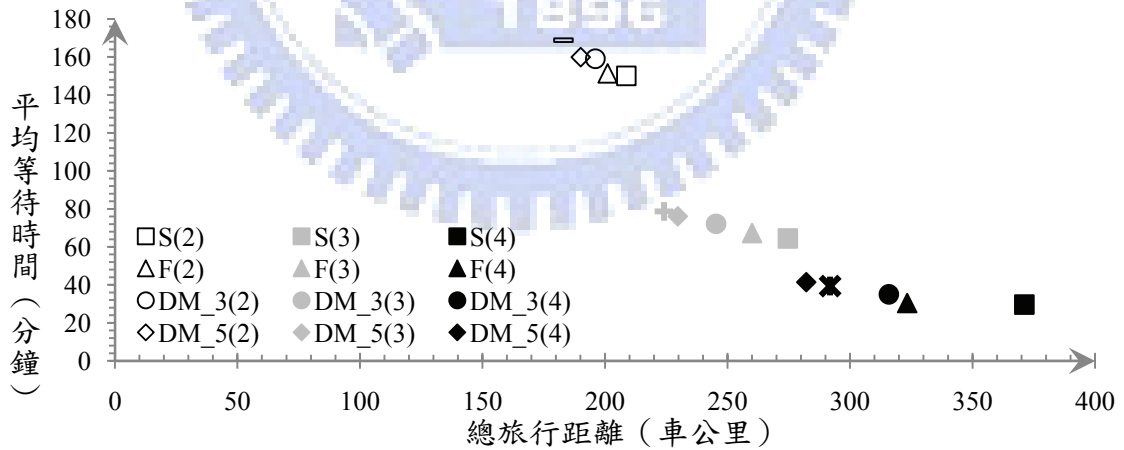


圖 5.14 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=180)

由圖 5.14 與圖 5.15 觀察，在需求量較高(180~210)時，可以較明顯地發現，增加運務員後，因為運務員數量較多，有新的顧客需求產生時，往往會有閒置或快要完成手中服務的運務員存在，這會使得顧客平均等待時間減少，但也因為運務員數量較多，反而比較容易產生為了不讓顧客等候，而另外指派運務員前去其它運務員附近服務的情況。如此一來雖然可以更快速地服務顧客，卻也使得總旅行距離隨之增加。

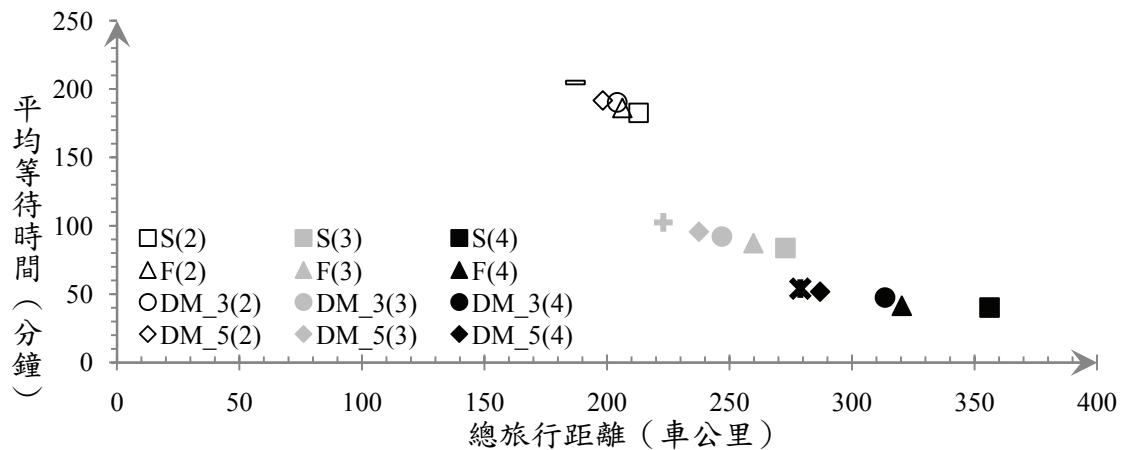


圖 5.15 均勻分佈且無尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.11 到圖 5.15 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.1，大部份的情況都推薦 DM_5 策略，少部份的情況則推薦 DW_40 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.1 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略

		無尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
均勻分佈	60	2	DM_5	3	DM_5
	90	2	DM_5	4	DM_5
	120	3	DM_5	4	DM_5
	150	3	DW_40	4	DM_5
	180	4	DM_5	4	DM_5
	210	4	DW_40	4	DW_40

5.2 顧客需求均勻分佈且單尖峰時段

5.2.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於均勻分佈且單尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

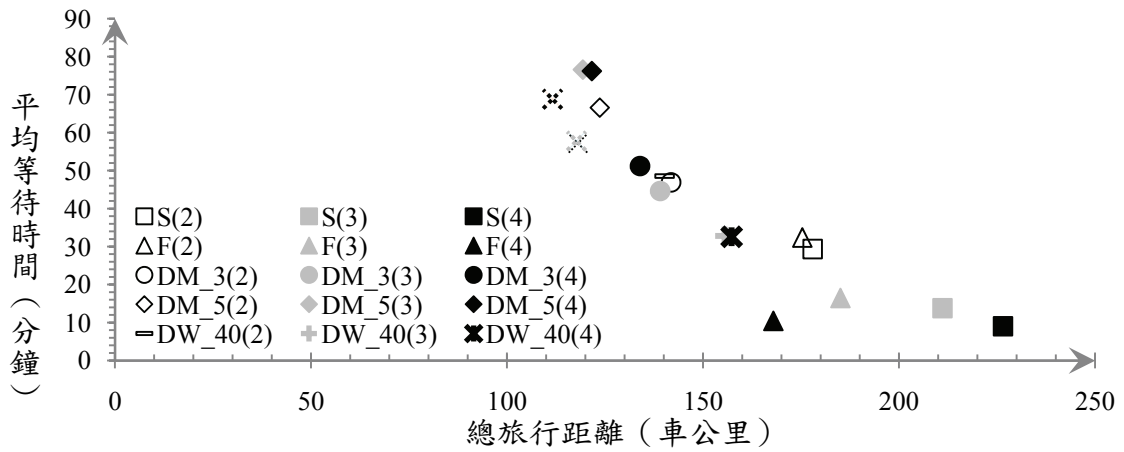


圖 5.16 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=60)

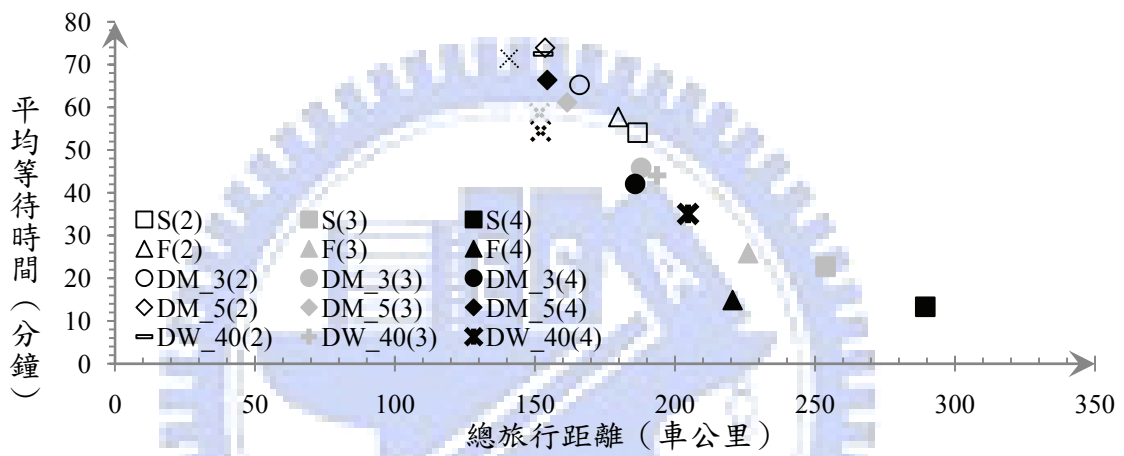


圖 5.17 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=90)

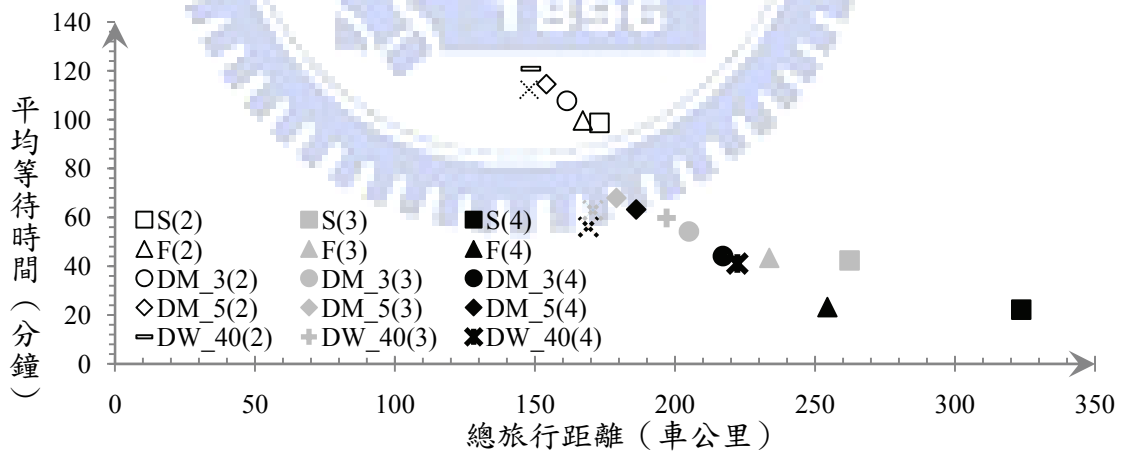


圖 5.18 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=120)

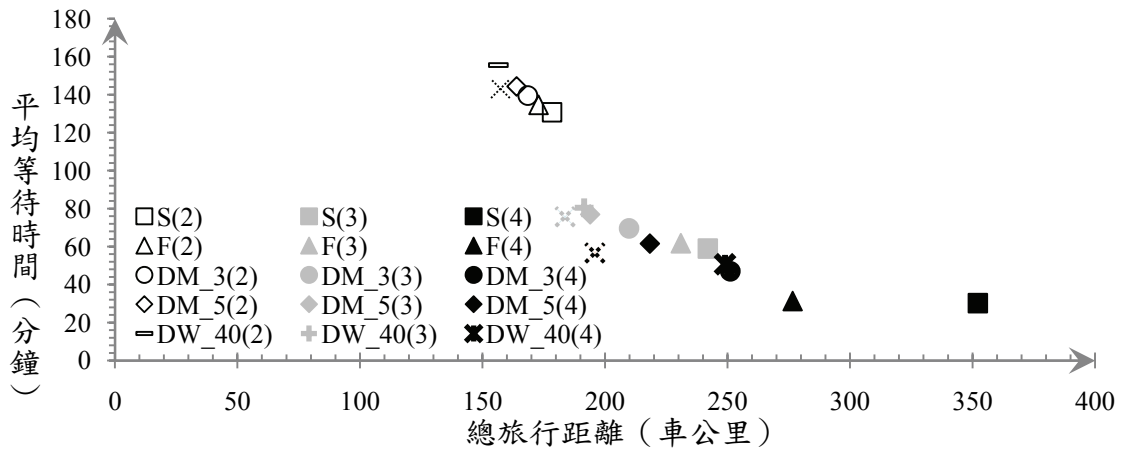


圖 5.19 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=150)

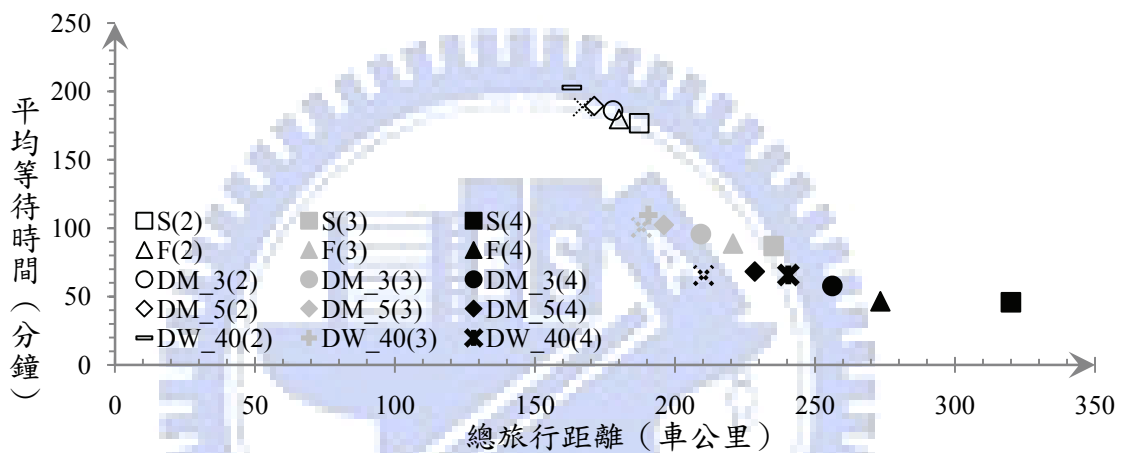


圖 5.20 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=180)

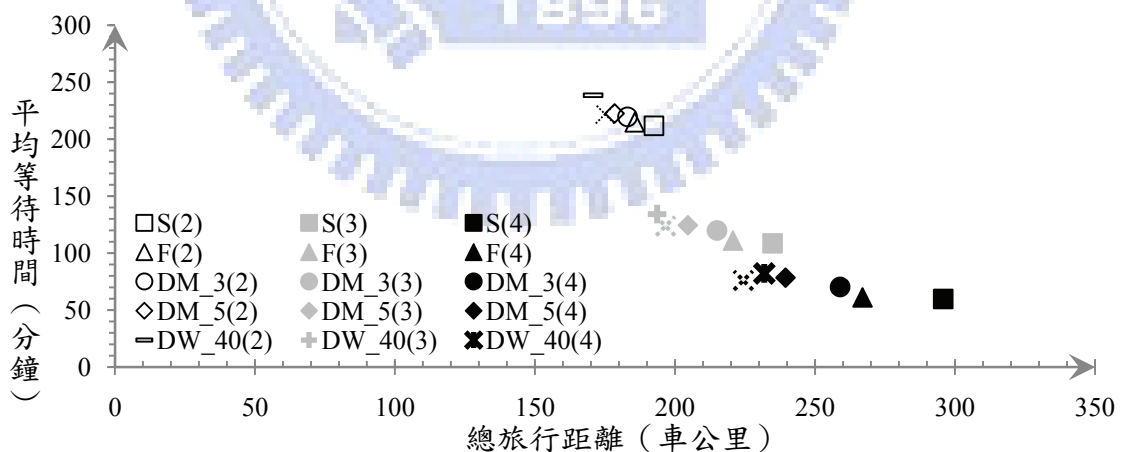


圖 5.21 均勻分佈且單尖峰時段下策略比較(N=210)

同樣的運用類似的分析方式，將圖 5.16 到圖 5.21 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.2，若是同時比較表 5.1 與表 5.2 可發現，運務員數量的部份並沒有因為時間分佈特性的不同，而有很明顯的變化。但是在推薦策略上則完全改變了。

這改變的原因，主要是來自於尖峰時段的影響。透過附錄 A 中，圖 A.11 到圖 A.25 的情況可發現，在相同的顧客需求數量與相同的運務員數量下，單尖峰時段產生時，顧

客的平均等待時間會比較長。而在單尖峰時段下，平均旅行距離會較短的原因，則是因為密集陸續出現的顧客，雖然造成了較長的平均等待時間，但也相對地讓運務員在選擇下一個顧客位置服務上的資訊增加，而有利於最近鄰點法的執行。

從表 5.1 與表 5.2 的比較上就可以發現，受到了顧客平均等待時間增加的影響，使得不分區策略與固定策略這類型，在服務時間上較短的策略有了可以發揮的機會。而針對時間分佈特性設計的 DM_9_3 策略，因為可以就尖離峰時段內顧客需求數量的多寡，在分群條件上進行動態的調整，所以會比單純執行 DM_5 策略時節省更多的顧客平均等待時間，因此在表 5.2 中觀察可發現，在此情境之下，DM_9_3 策略是較常被推薦的策略。

表 5.2 均勻分佈且單尖峰時段下的推薦策略

		單尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N	k	推薦策略		k	推薦策略
均勻分佈	60	2	DM_9_3	3	DM_9_3
	90	2	固定	3	DM_9_3
	120	3	DW_40	4	DM_9_3
	150	4	DM_9_3	4	DM_9_3
	180	4	DM_3	4	DM_3
	210	4	不分區	4	不分區

5.3 顧客需求均勻分佈且雙尖峰時段

5.3.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於均勻分佈且雙尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

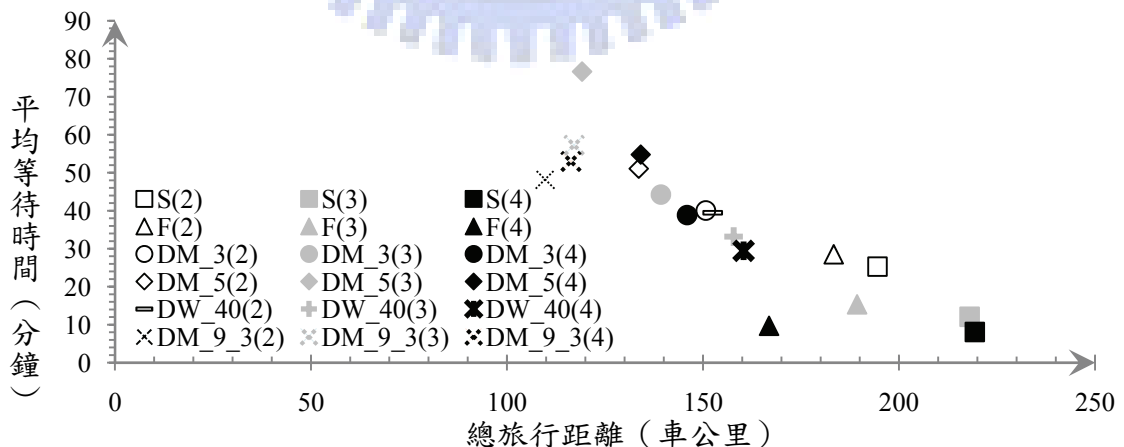


圖 5.22 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=60)

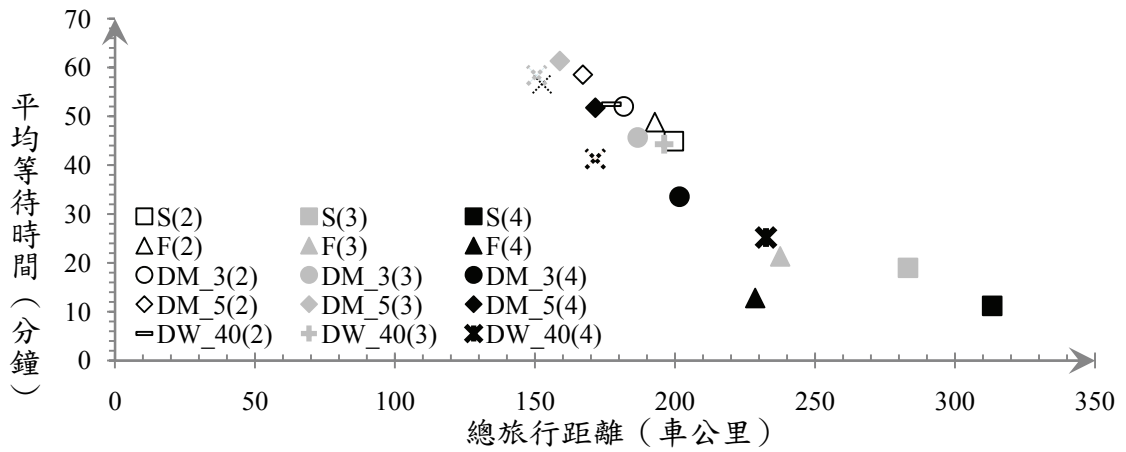


圖 5.23 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=90)

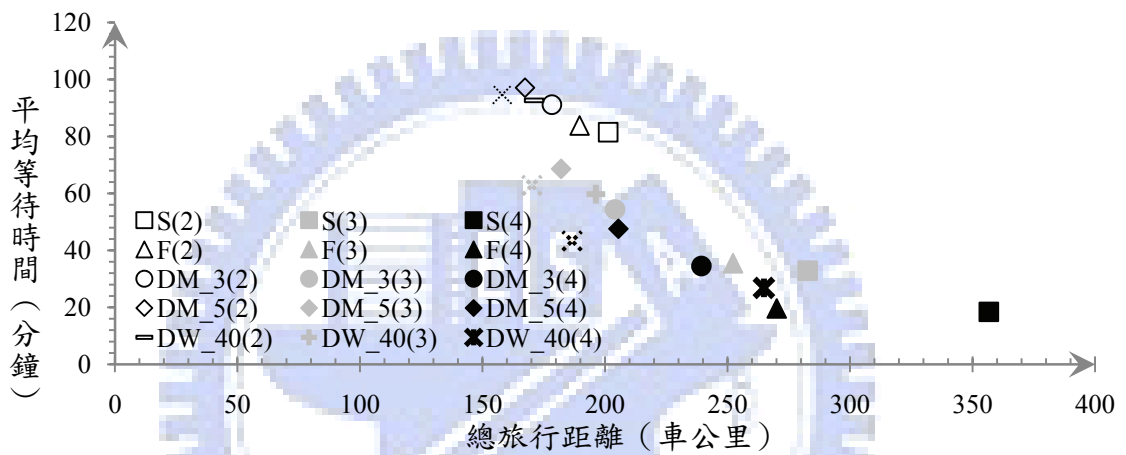


圖 5.24 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=120)

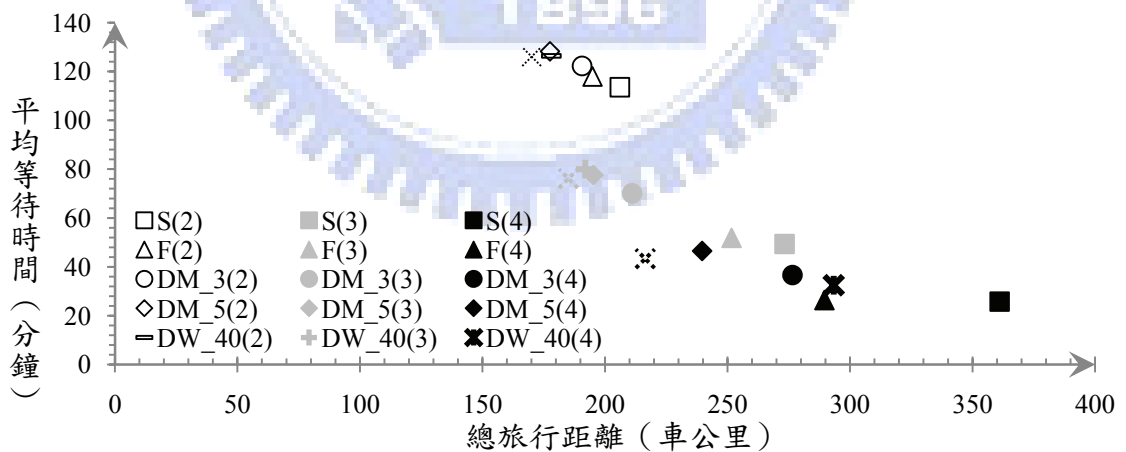


圖 5.25 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=150)

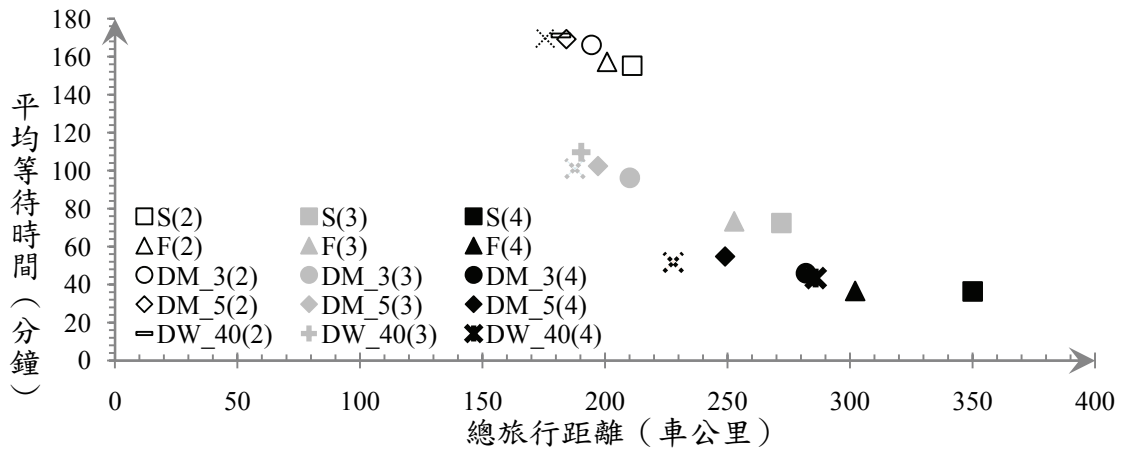


圖 5.26 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=180)

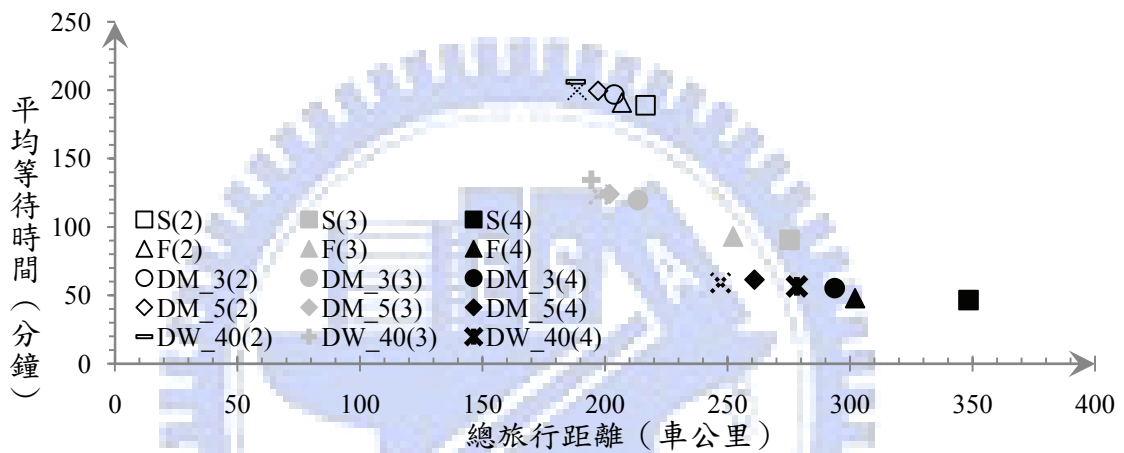


圖 5.27 均勻分佈且雙尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.22 到圖 5.27 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.3，大部份的情況都推薦 DM_9_3 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.3 均勻分佈且雙尖峰時段下的推薦策略

		雙尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
均勻分佈	60	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	90	2	DM_9_3	3	DM_9_3
	120	3	DW_40	4	DM_9_3
	150	3	固定	4	DM_9_3
	180	4	DM_9_3	4	DM_9_3
	210	4	DM_9_3	4	DM_9_3

5.4 顧客需求 70%群聚分佈且無尖峰時段

5.4.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於 70%群聚分佈且無尖峰時段時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

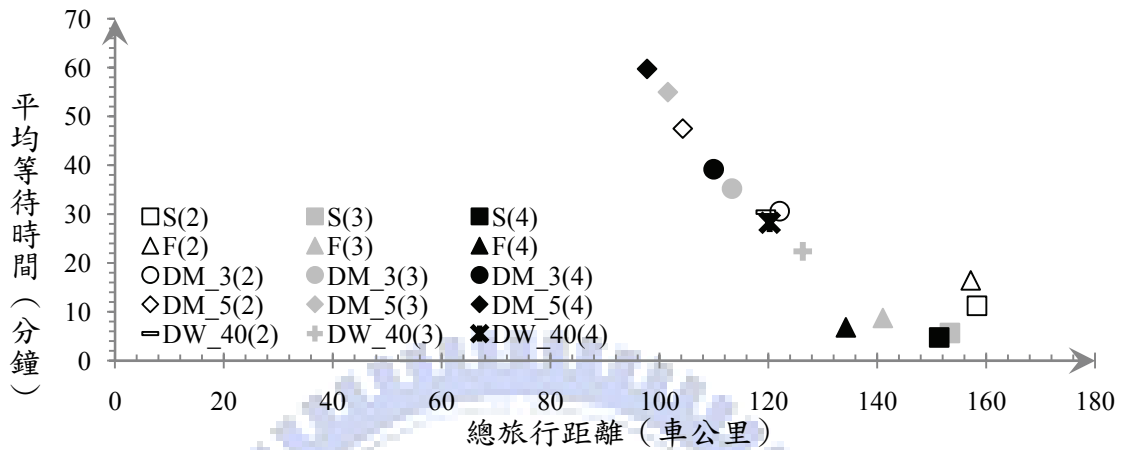


圖 5.28 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=60)

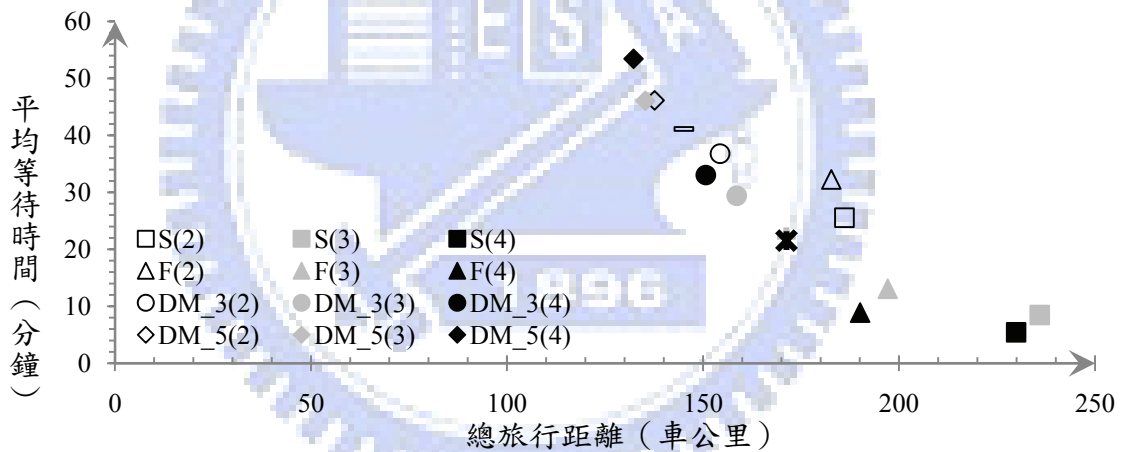


圖 5.29 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=90)

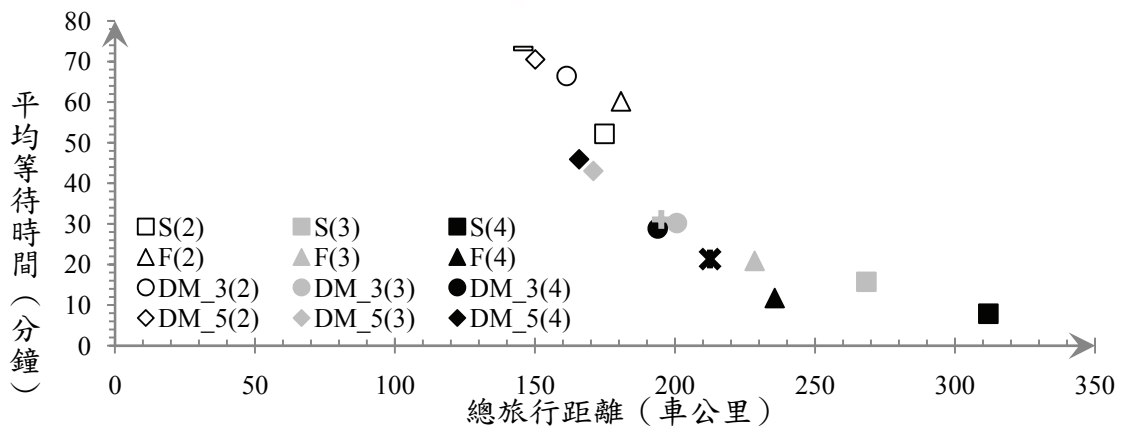


圖 5.30 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=120)

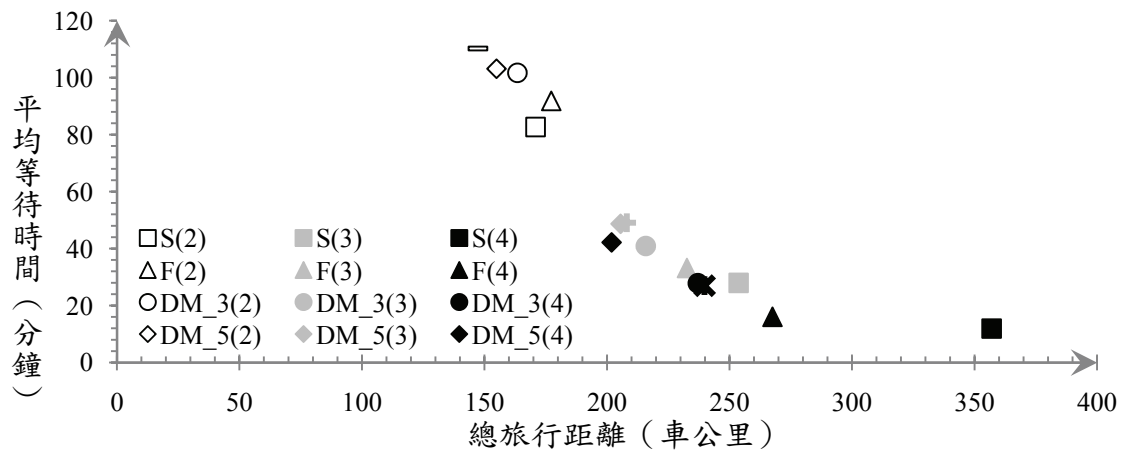


圖 5.31 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=150)

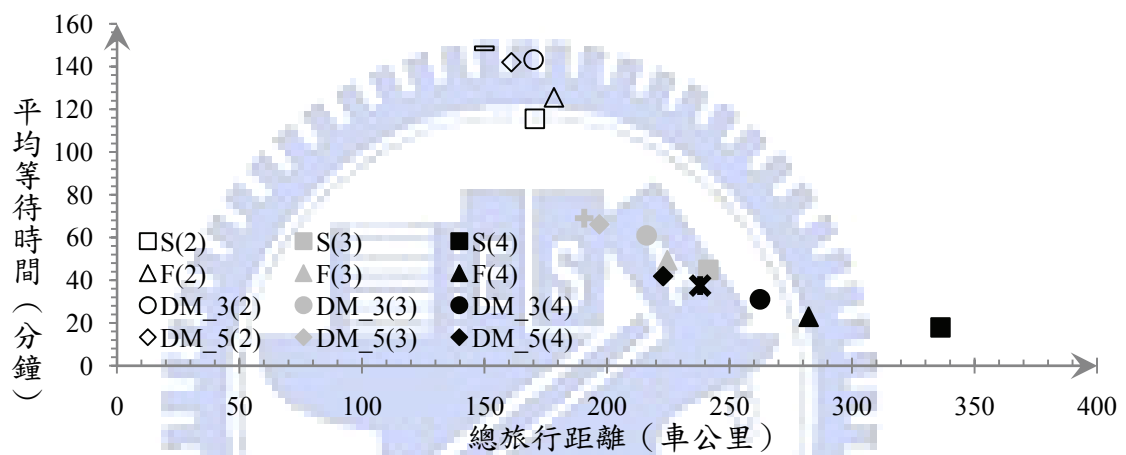


圖 5.32 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=180)

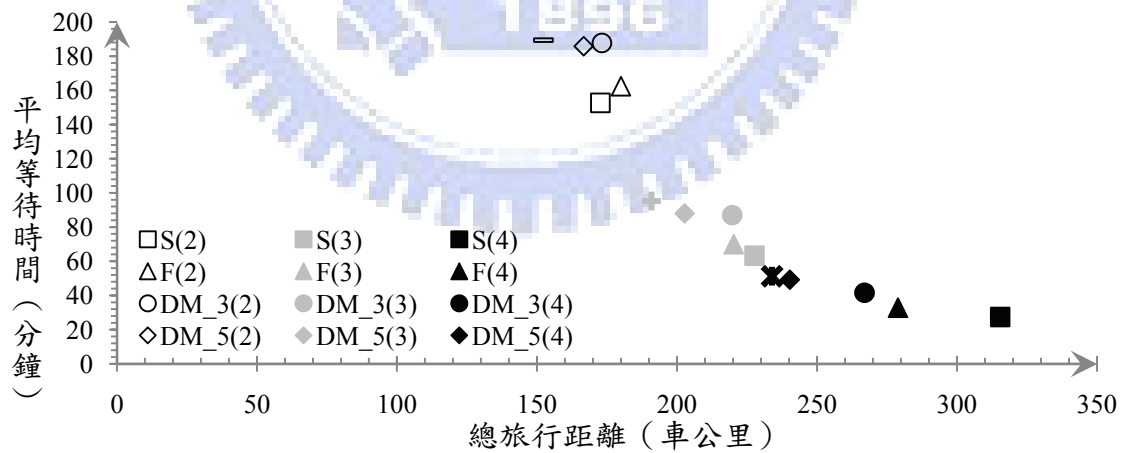


圖 5.33 70%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=210)

表 5.4 70%群聚且無尖峰時段下的推薦策略

		無尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N	k	推薦策略		k	推薦策略
70% 群聚	60	2	DM_5	4	DM_5
	90	2	DM_5	4	DM_5
	120	2	不分區	4	DM_5
	150	3	DW_40	4	DM_5
	180	3	固定	4	DM_5
	210	4	DW_40	4	DW_40

將圖 5.28 到圖 5.33 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.4，大部份的情況都推薦 DM_5 策略，少部份的情況則推薦 DW_40 策略。以最少運務員數量為目標時，隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多；以最短總旅行距離為目標時，則以派遣四位運務員時效果最好。

5.5 顧客需求 70%群聚分佈且單尖峰時段

5.5.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於 70%群聚分佈且單尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

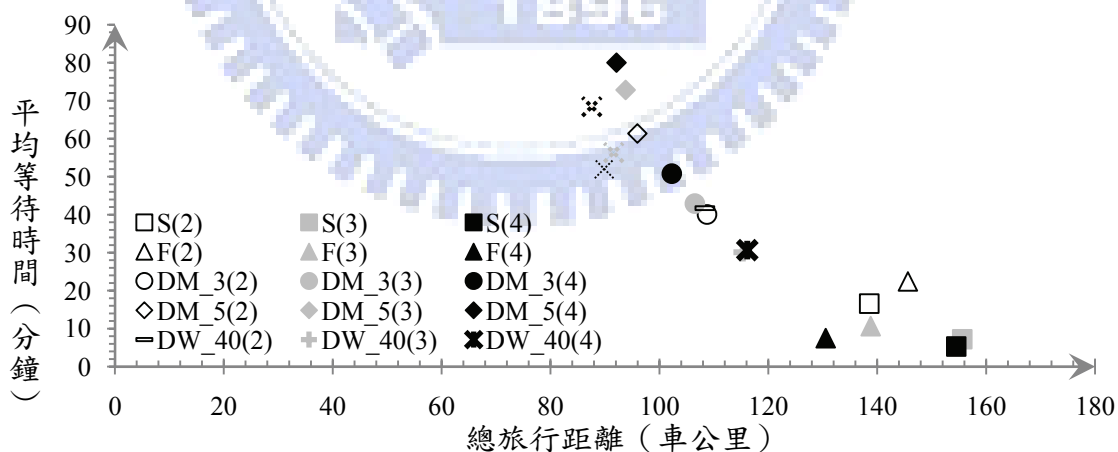


圖 5.34 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=60)

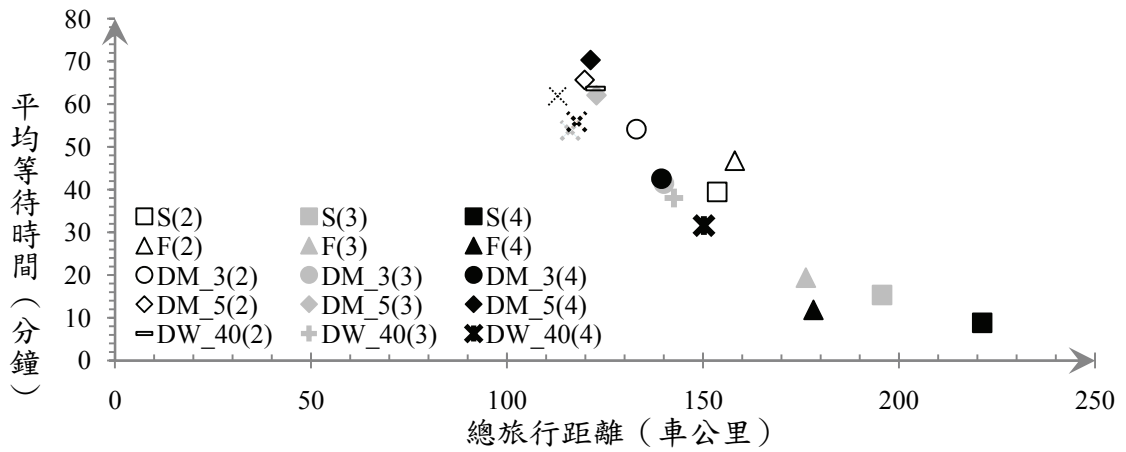


圖 5.35 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=90)

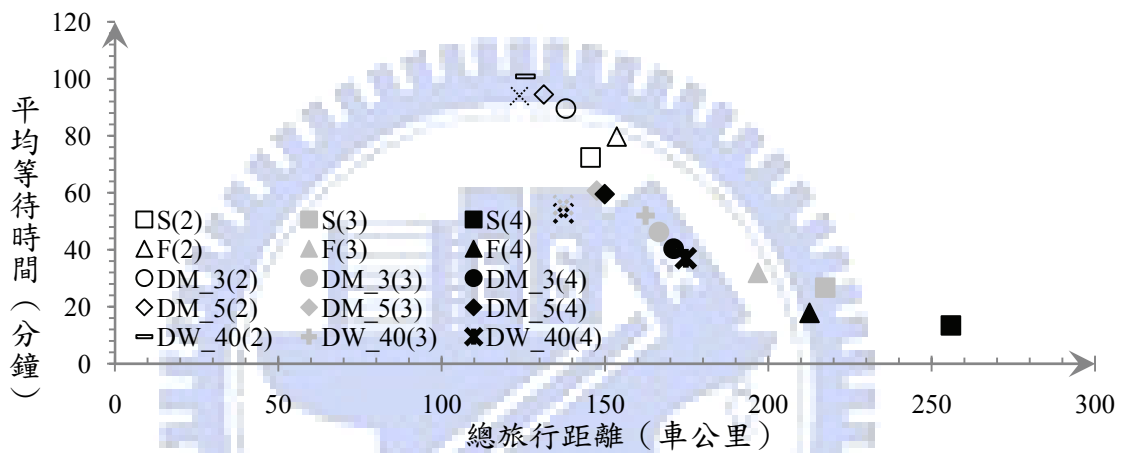


圖 5.36 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=120)

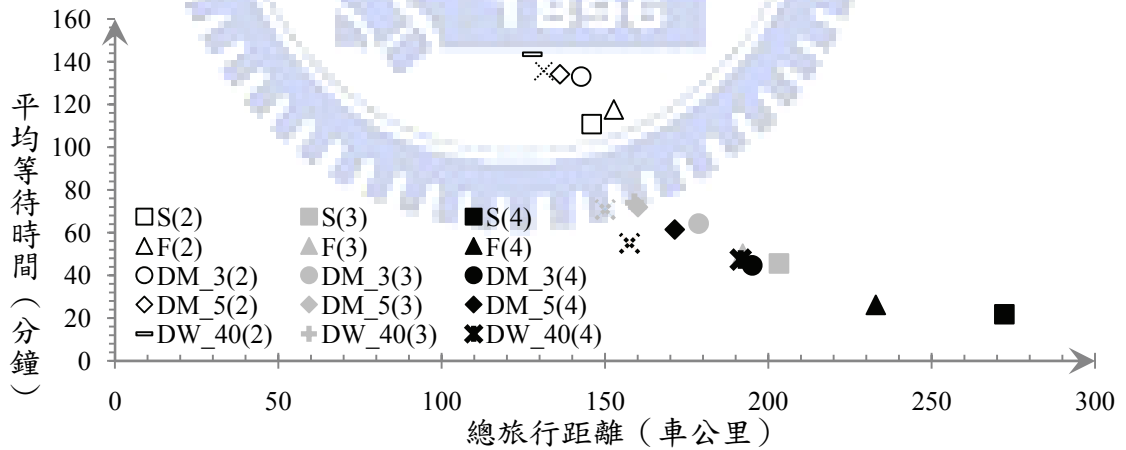


圖 5.37 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=150)

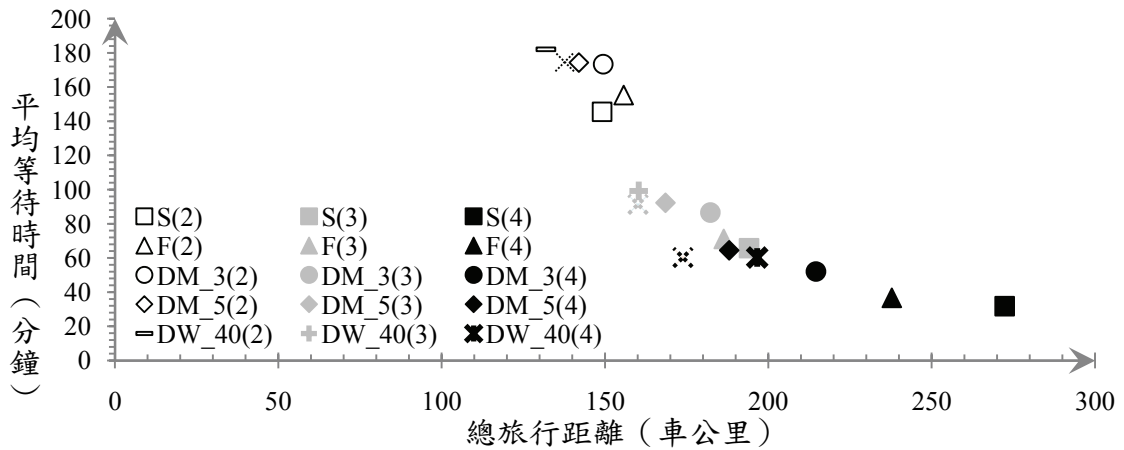


圖 5.38 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=180)

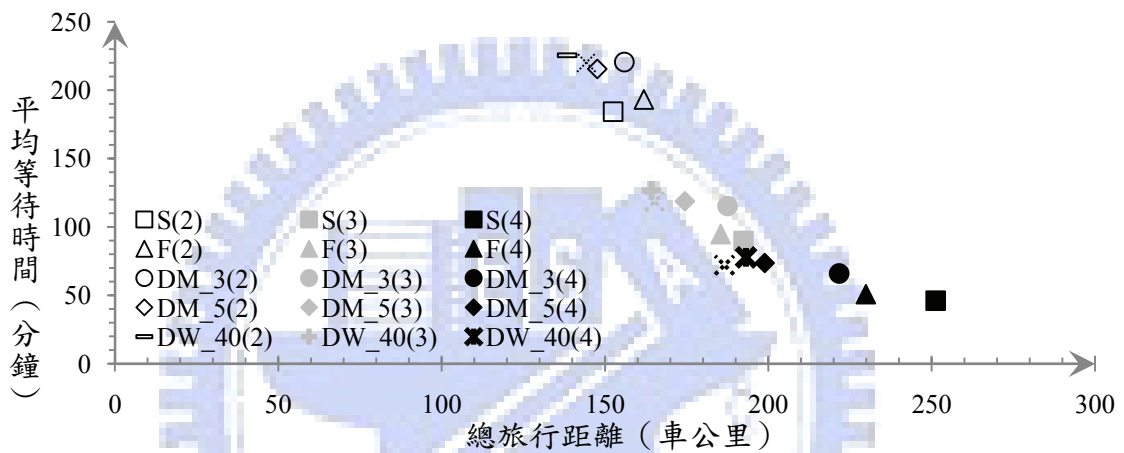


圖 5.39 70%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.34 到圖 5.39 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.5，大部份的情況都推薦 DM_9_3 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.5 70%群聚且單尖峰時段下的推薦策略

		單尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
70% 群聚	60	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	90	2	DM_3	3	DM_9_3
	120	3	DM_9_3	4	DM_9_3
	150	3	固定	4	DM_9_3
	180	4	DM_3	4	DM_3
	210	4	固定	4	固定

5.6 顧客需求 70%群聚分佈且雙尖峰時段

5.6.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於 70%群聚分佈且雙尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

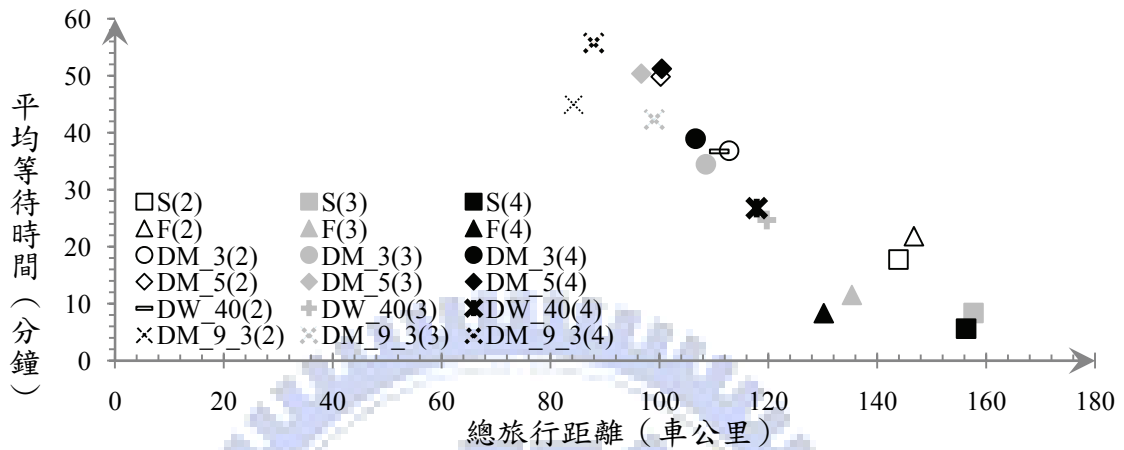


圖 5.40 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=60)



圖 5.41 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=90)

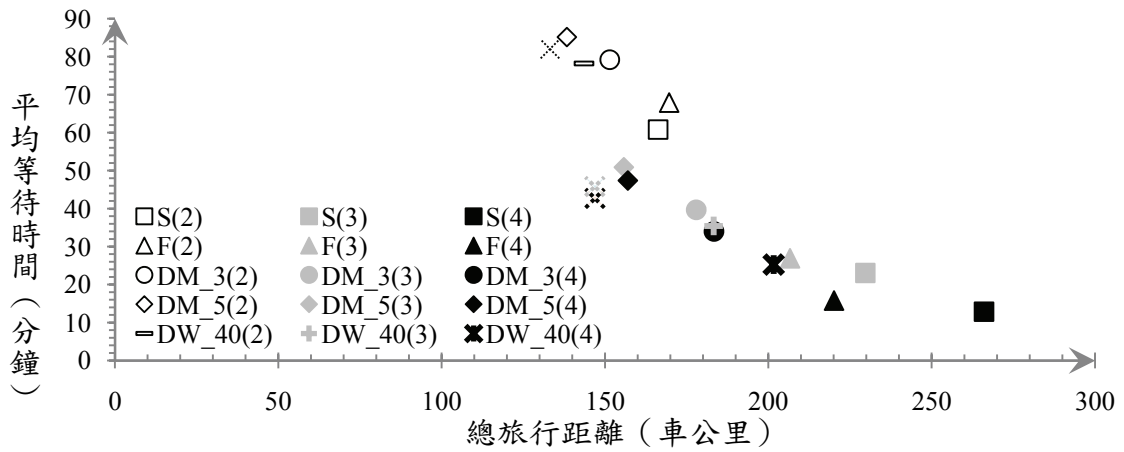


圖 5.42 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=120)

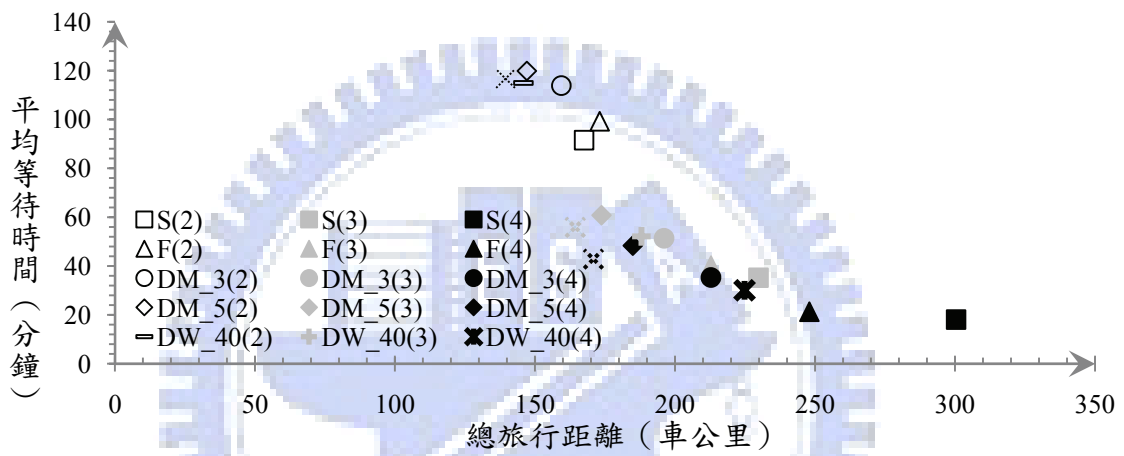


圖 5.43 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=150)

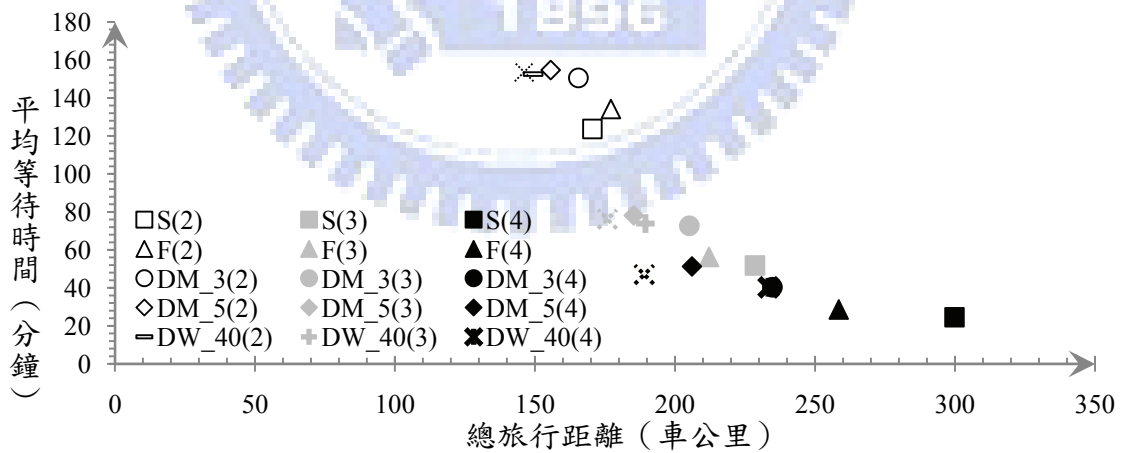


圖 5.44 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=180)

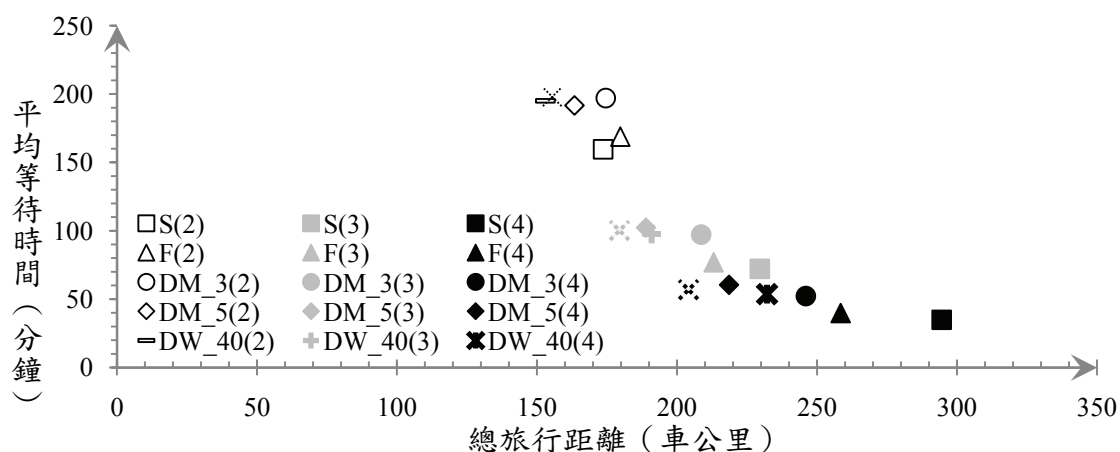


圖 5.45 70%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.40 到圖 5.45 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.6，大部份的情況都推薦 DM_9_3 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.6 70%群聚且雙尖峰時段下的推薦策略

		雙尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
70% 群聚	60	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	90	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	120	3	DM_9_3	3	DM_9_3
	150	3	DM_9_3	3	DM_9_3
	180	3	固定	4	DM_9_3
	210	4	DM_9_3	4	DM_9_3

5.7 顧客需求 80%群聚分佈且無尖峰時段

5.7.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於 80%群聚分佈且無尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

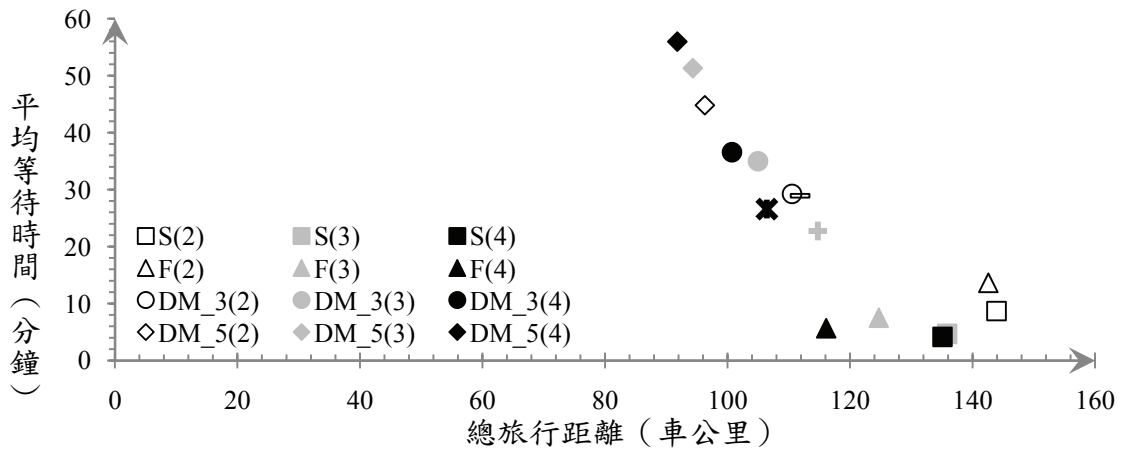


圖 5.46 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=60)

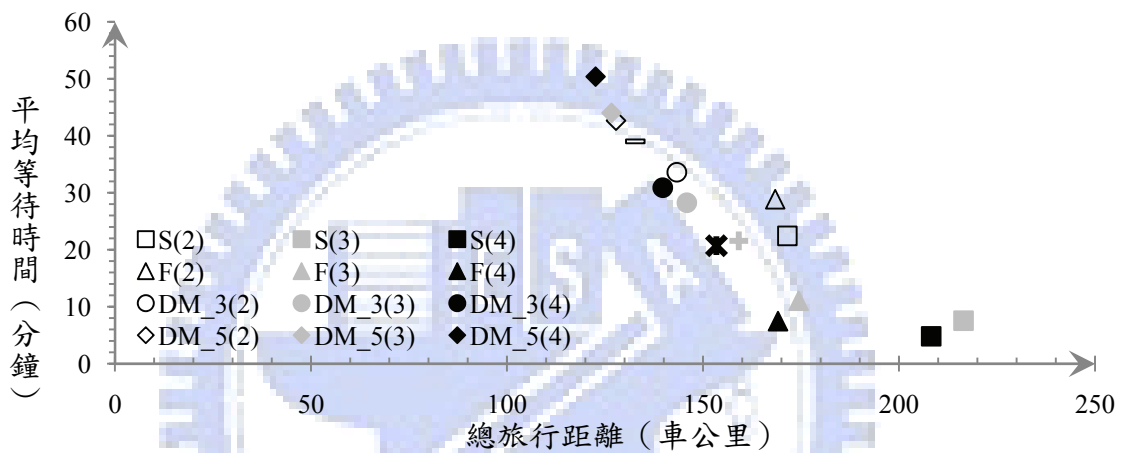


圖 5.47 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=90)

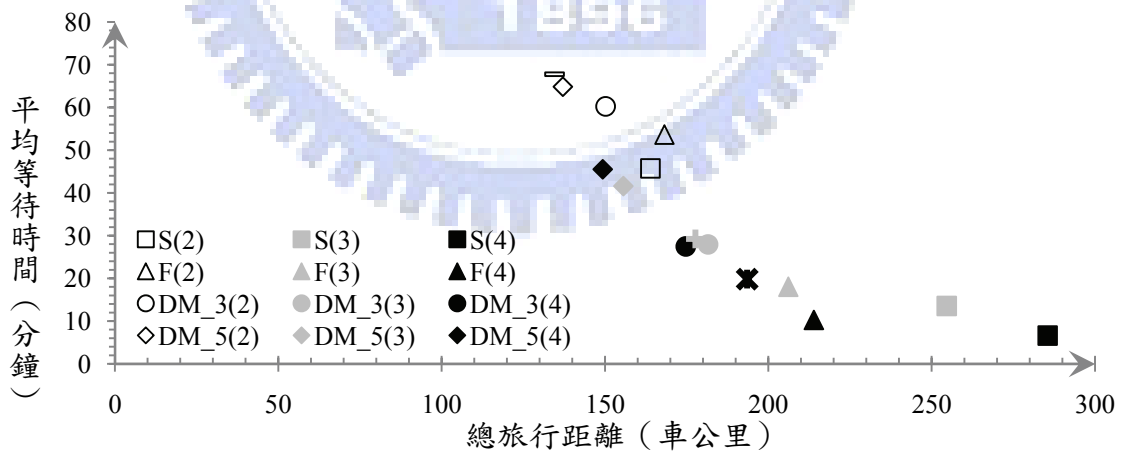


圖 5.48 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=120)

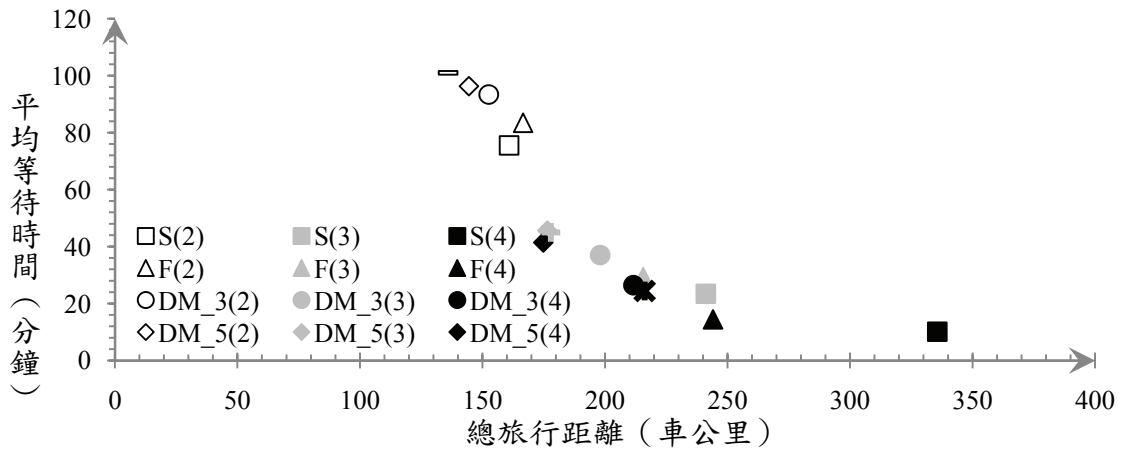


圖 5. 49 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=150)

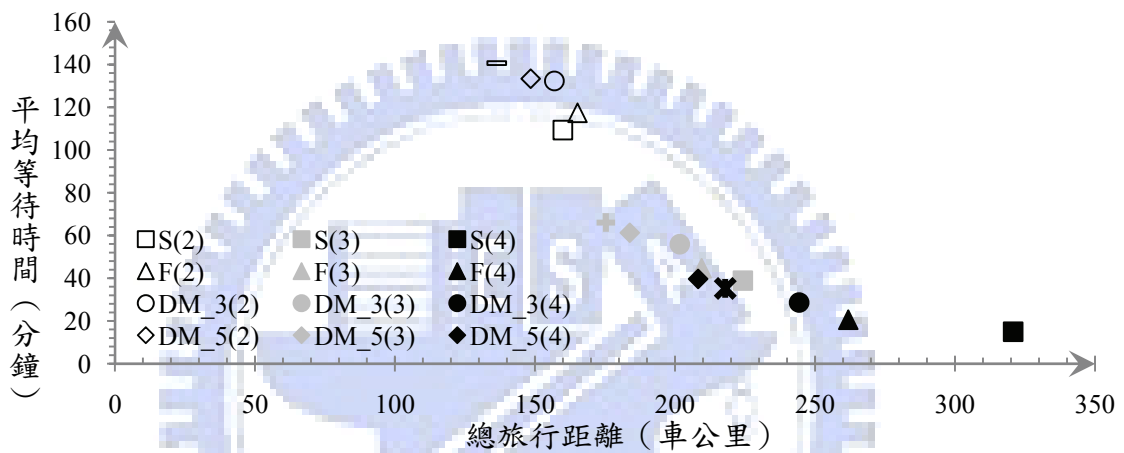


圖 5. 50 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=180)

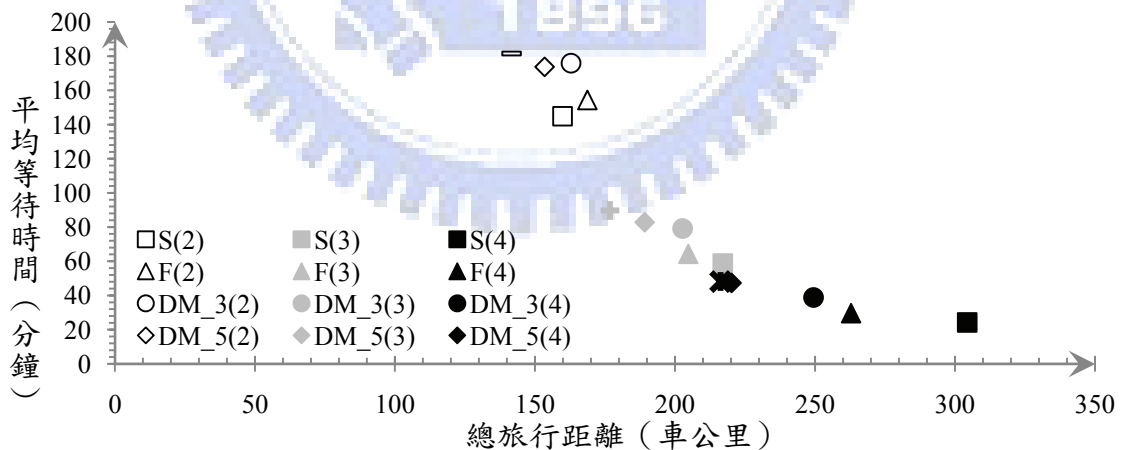


圖 5. 51 80%群聚且無尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5. 46 到圖 5. 51 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5. 7，大部份的情況都推薦 DM_5 策略。以最少運務員數量為目標時，隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多；以最短總旅行距離為目標時，則以派遣四位運務員時效果最好。

表 5.7 80%群聚且無尖峰時段下的推薦策略

		無尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
80% 群聚	60	2	DM_5	4	DW_40
	90	2	DM_5	4	DW_40
	120	2	不分區	4	DM_5
	150	3	DM_5	4	DM_5
	180	3	DM_3	4	DM_5
	210	3	不分區	4	DM_5

5.8 顧客需求 80%群聚分佈且單尖峰時段

5.8.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於 80%群聚分佈且單尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

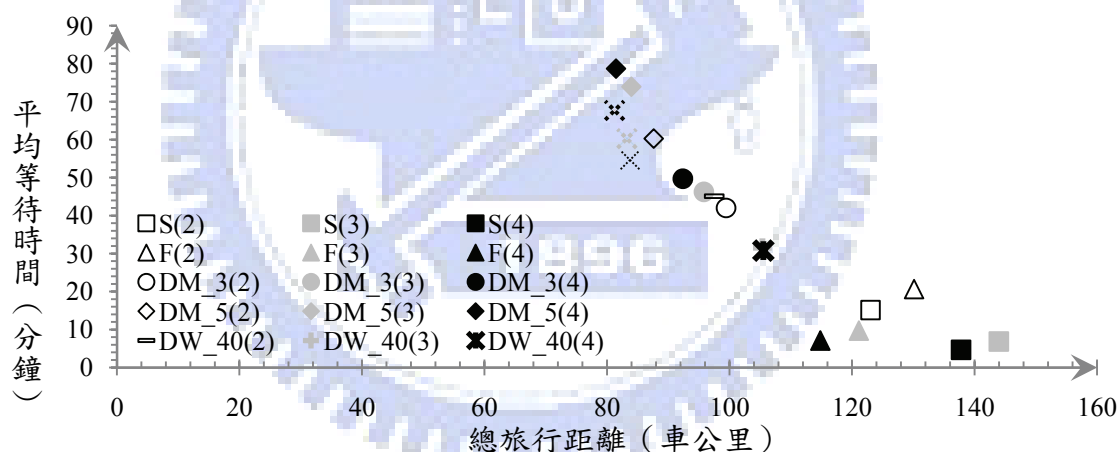


圖 5.52 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=60)

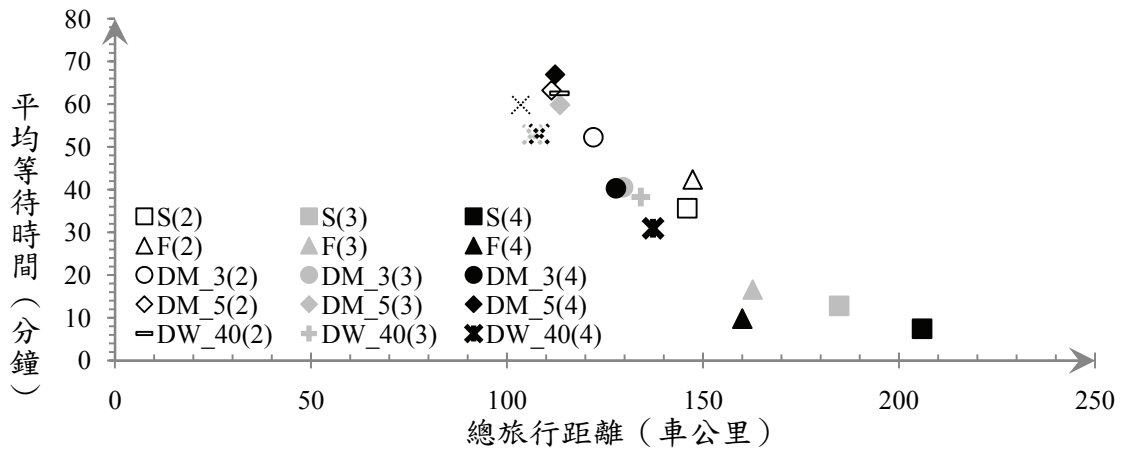


圖 5.53 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=90)

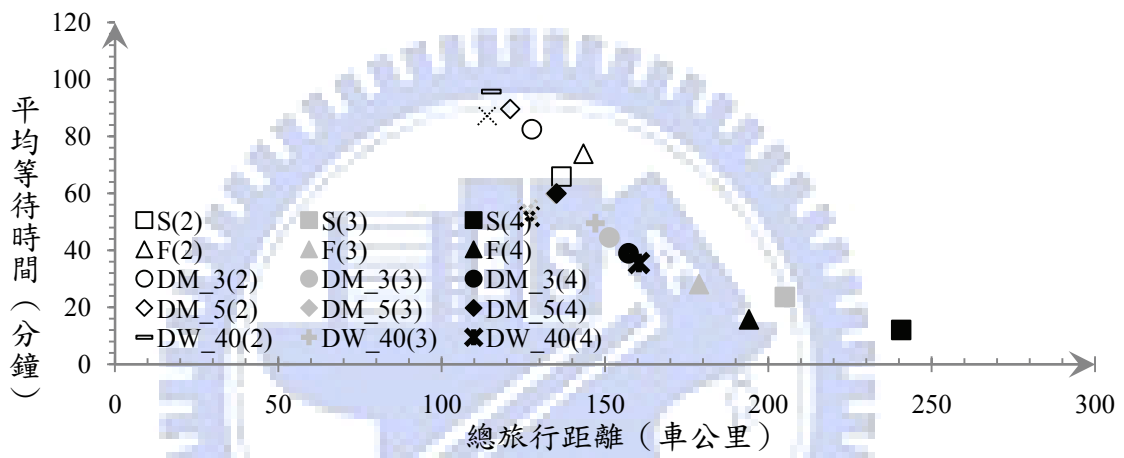


圖 5.54 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=120)

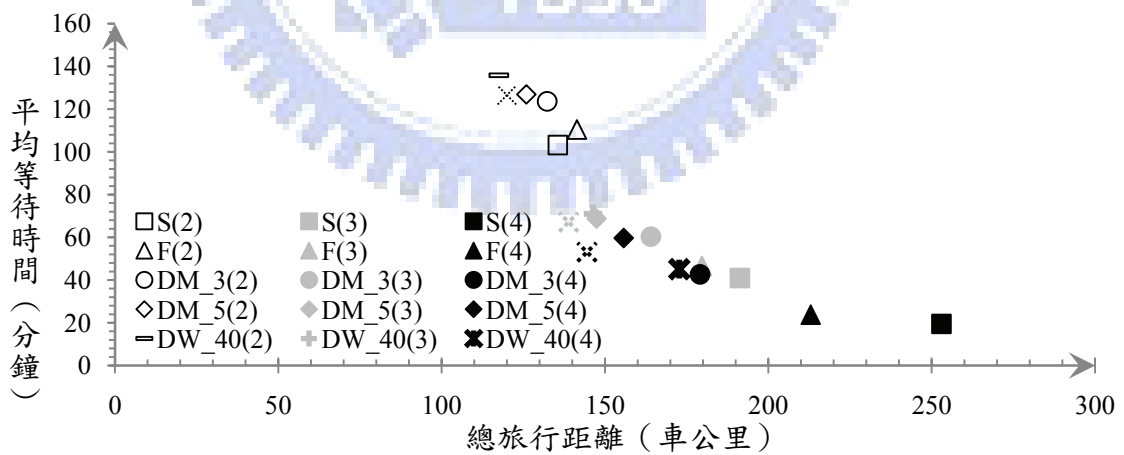


圖 5.55 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=150)

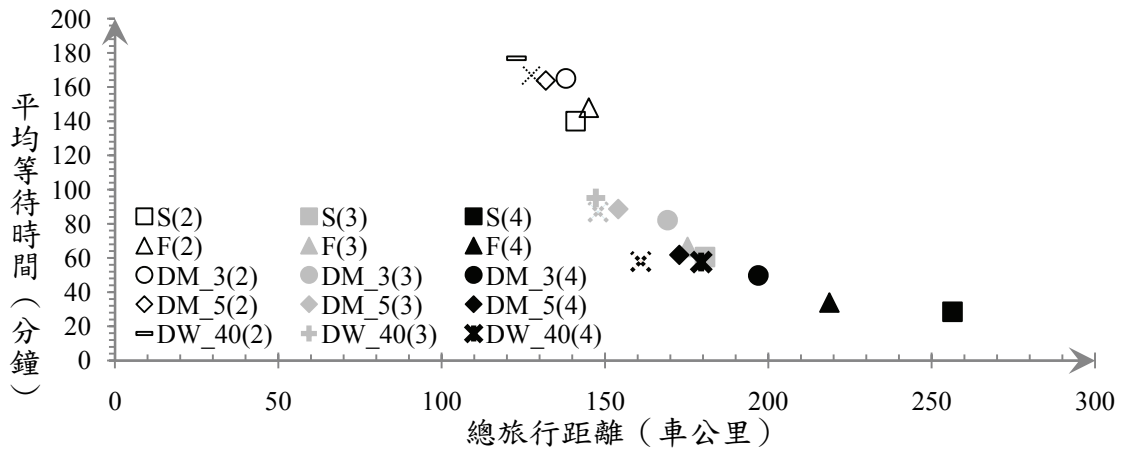


圖 5.56 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=180)

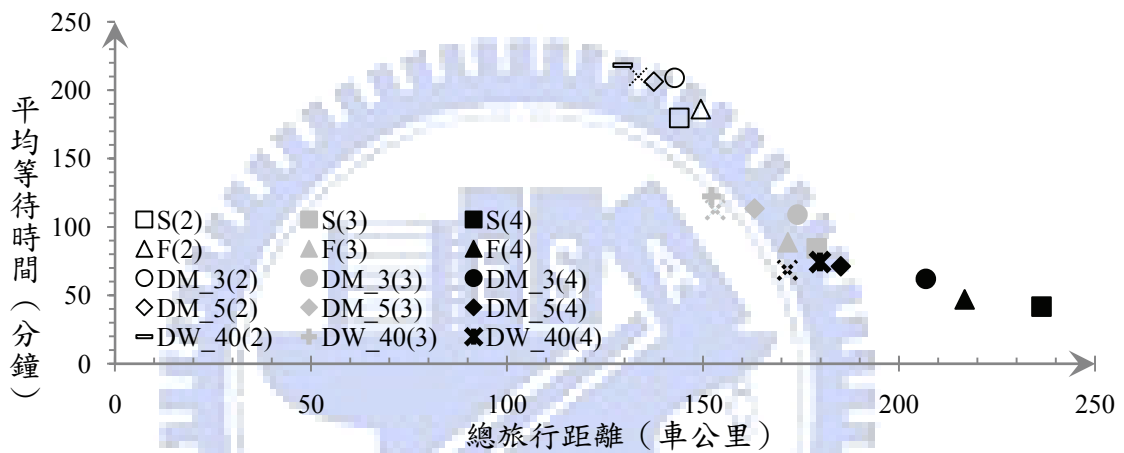


圖 5.57 80%群聚且單尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.52 到圖 5.57 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.8，大部份的情況都推薦 DM_9_3 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.8 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略

		單尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N		k	推薦策略	k	推薦策略
80% 群聚	60	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	90	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	120	3	DM_9_3	3	DM_9_3
	150	3	固定	4	DM_9_3
	180	4	DM_9_3	4	DM_9_3
	210	4	固定	4	固定

5.9 顧客需求 80%群聚分佈且雙尖峰時段

5.9.1 不同運務員數量搭配不同派遣策略之比較與分析

本小節將在固定顧客需求數量下，比較不同運務員數量執行不同派遣策略，服務於80%群聚分佈且雙尖峰時段之情境時，各種搭配在營運成本、服務水準與勞役分配下的表現。

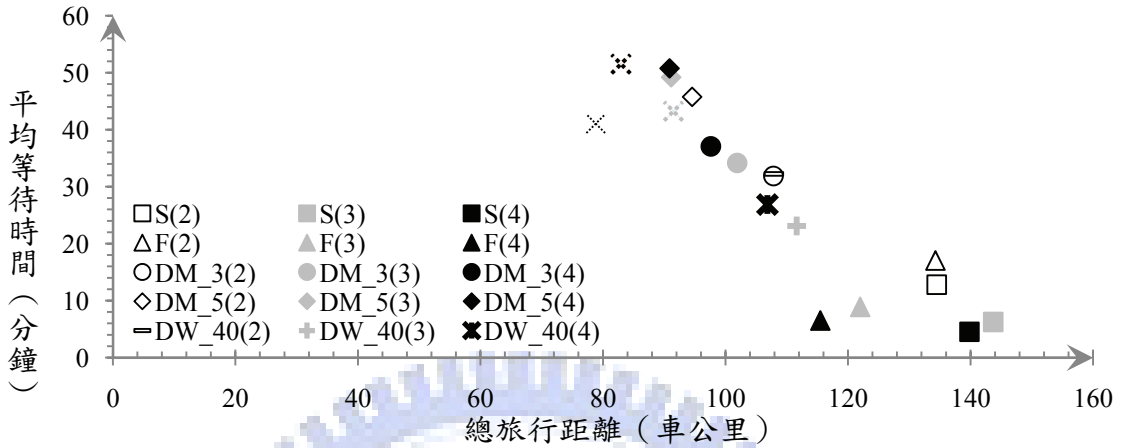


圖 5.58 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=60)



圖 5.59 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=90)

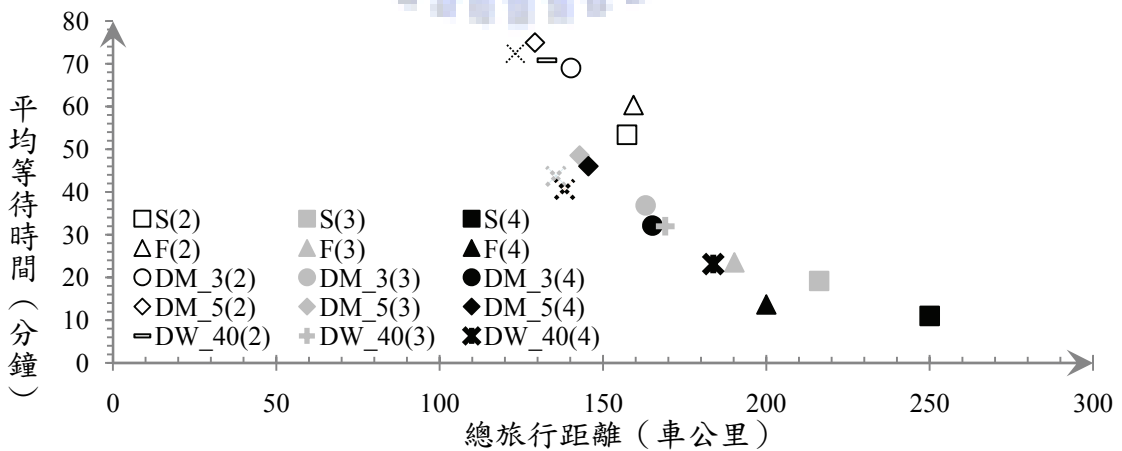


圖 5.60 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=120)

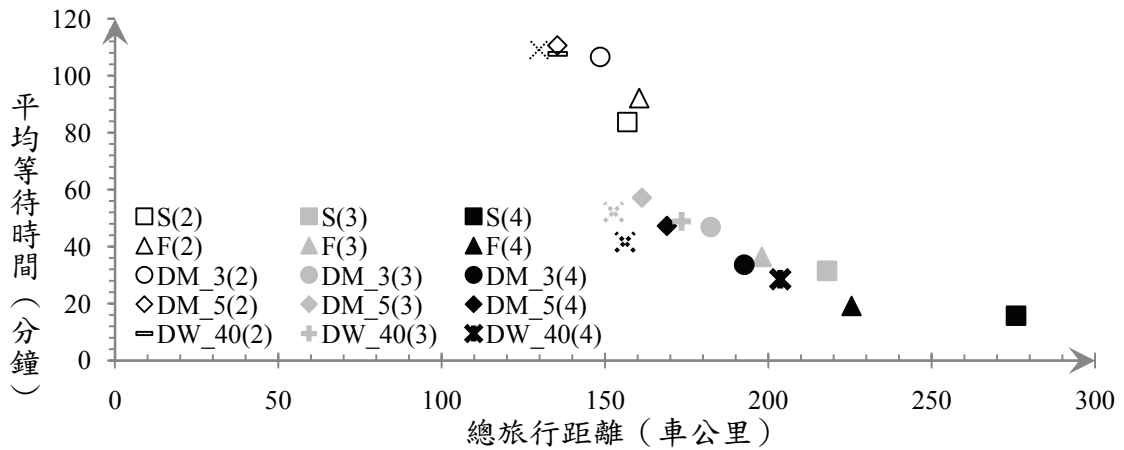


圖 5.61 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=150)

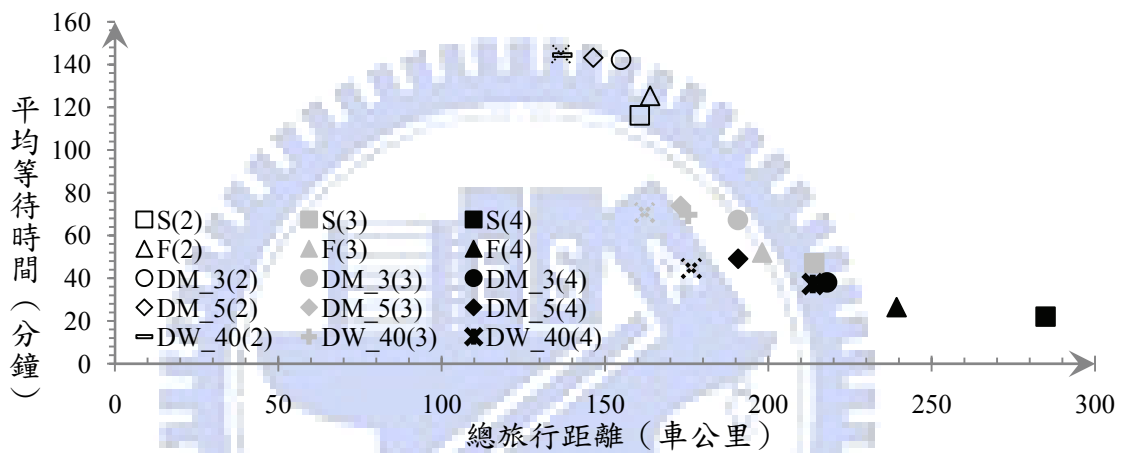


圖 5.62 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=180)

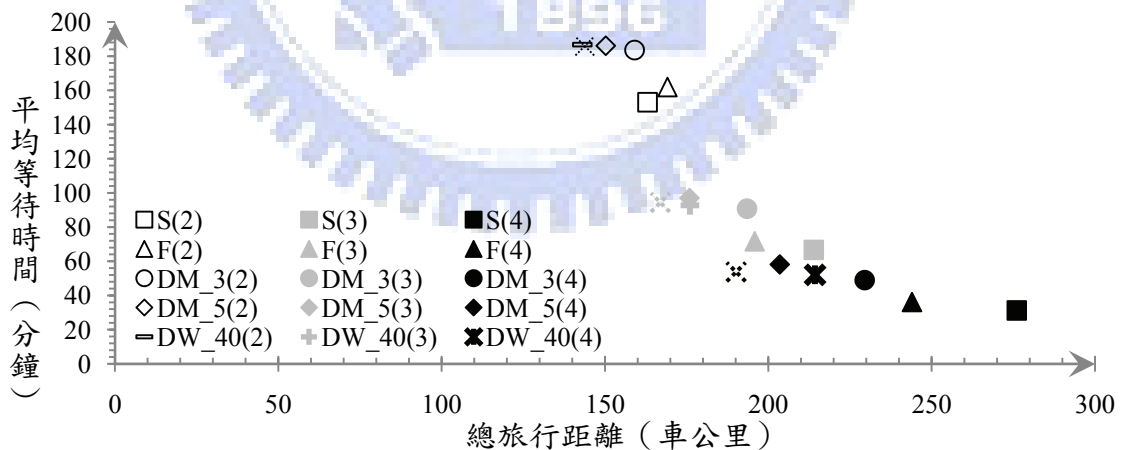


圖 5.63 80%群聚且雙尖峰時段下策略比較(N=210)

將圖 5.58 到圖 5.63 的比較結果重新整理後，可以歸納出表 5.9，大部份的情況都推薦 DM_9_3 策略。隨著需求量增加，所需派遣的運務員數量也越來越多。

表 5.9 均勻分佈且無尖峰時段下的推薦策略

		雙尖峰時段			
目標		最少運務員數量		最短總旅行距離	
N	k	推薦策略		k	推薦策略
80% 群聚	60	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	90	2	DM_9_3	2	DM_9_3
	120	2	不分區	3	DM_9_3
	150	3	DM_9_3	3	DM_9_3
	180	3	固定	4	DM_9_3
	210	4	DM_9_3	4	DM_9_3



第六章 不同目標下的推薦策略

從實務的角度來衡量時，貨運業者會從更多的面向來進行考量，而這些不同的最終目標，將會影響整個推薦策略的運行，因此本研究在彙整所有推薦策略時，將依照各種實際貨運業者會擬定的最終目標來做為前提假設，以下小節將各別探討以最少運務員數量與最少總旅行距離為前提時，不同情境下所推薦的策略。

6.1 以最少運務員數量為目標

在貨運業中，運務員數量的多寡一直是一項重要的環節，過多的運務員數量除了造成人事成本的浪費之外，也會讓貨運車輛在燃料與維修上的費用增加；但是不足的運務員數量又會使得顧客等待的時間過長，造成服務品質低落，更嚴重地甚至會發生無法在每日工作時間內完成所有顧客需求服務，與運務員工作量過重等結果。

表 6.1 以最少運務員數量為推薦策略之目標

	N	無尖峰時段				單尖峰時段				雙尖峰時段				
		k	推薦策略	S%	F%	k	推薦策略	S%	F%	k	推薦策略	S%	F%	
均勻分佈	60	2	DM_5	36	27.1	2	DM_9_3	33.6	32.6	2	DM_9_3	43.6	40.2	
	90	2	DM_5	13.6	9.2	2	固定	3.7	/	2	DM_9_3	23.6	20.9	
	120	3	DM_5	29	1.1	3	DW_40	24.9	15.7	3	DW_40	30.6	22.2	
	150	3	DW_40	9.3	3.2	4	DM_9_3	44.4	29.2	3	固定	7.9	/	
	180	4	DM_5	24	12.7	4	DM_3	19.9	6.7	4	DM_9_3	34.9	24.6	
	210	4	DW_40	21.7	12.9	4	不分區	/	/	4	DM_9_3	29	18.2	
群聚分佈	70%	60	2	DM_5	34.1	33.7	2	DM_9_3	35.1	38.3	2	DM_9_3	41.5	42.6
		90	2	DM_5	26	24.7	2	DM_3	13.4	15.9	2	DM_9_3	26.6	28.2
		120	2	不分區	/	/	3	DM_9_3	36.9	30.3	3	DM_9_3	36.1	28.9
		150	3	DW_40	18	10.6	3	固定	5.5	/	3	DM_9_3	28.5	22.8
		180	3	固定	6.9	/	4	DM_3	21.2	9.8	3	固定	7.2	/
		210	4	DW_40	25.8	16.1	4	固定	8.5	/	4	DM_9_3	30.7	21
	80%	60	2	DM_5	33.1	32.5	2	DM_9_3	31.9	35.6	2	DM_9_3	41.4	41.3
		90	2	DM_5	25.5	24.1	2	DM_9_3	29.1	29.8	2	DM_9_3	29.4	28.4
		120	2	不分區	/	/	3	DM_9_3	38.4	29.4	2	不分區	/	/
		150	3	DM_5	26.8	18.2	3	固定	6.1	/	3	DM_9_3	30	22.9
		180	3	DM_3	10	3.7	4	DM_9_3	37.2	26.4	3	固定	7.5	/
		210	3	不分區	/	/	4	固定	8.3	/	4	DM_9_3	31.1	22.1

S%：推薦策略與 k 位運務員執行不分區，相較後所節省的總旅行距離百分比。

F%：推薦策略與 k 位運務員執行固定分區，相較後所節省的總旅行距離百分比。

因此在面對不同情境時，若能安排最少的運務員數量，去執行合適的分區策略，便可同時兼顧貨運業者在內部成本與服務水準上的要求。故本小節將以最少運務員數量為前提，且讓顧客等待時間不超過 60 分鐘，而後進行派遣策略的推薦，如表 6.1 所示。

由表 6.1 觀察可發現，無論那種情境，當需求數量較少(60~90)時，派遣二位運務員執行取件作業即可完成服務；當需求數量為(120~150)時，大多僅需派遣三位運務員來進行顧客需求的服務；當需求數量較多(180~210)時，則必須安排三、四位運務員才可將陸續出現的顧客訂單一一處理。

在分區策略方面，無尖峰時段內大多是推薦使用 DM_5 策略與 DW_40 策略，與不

分區相較約節省 9%~36%；有尖峰時段存在時，則大多推薦使用 DM_9_3 策略，與不分區相較約節省 29%~45%。

另外，貨運業者期望使用最少運務員來進行服務時，也可發現透過調整動態分區策略的參數 M 與 W 後，大部份情境下的顧客需求都能運用動態分區策略來解決，而且在有尖離峰的情況時，本研究針對尖離峰時，需求數量上差異所設計的 DM_9_3 策略，更能在顧客等待時間不超過 60 分鐘的條件下，在節省的總旅行距離上，有優於 DM 策略與 DW 策略的表現。

針對不同時間與空間分佈的特性，派遣適當的運務員數量可以有效率的節省人事、燃料、車輛維修...等成本，貨運業者可以依據目前所面對的整體環境來進行運務員的排班，例如在一個群聚分佈相當明顯且密集的地區，若是處於訂單需求相當穩定的月份，便可以安排較少的運務員來值班，藉此將多餘的人力運用在其他內勤方面的工作，或是輪休來調整上班的人數，也可將閒置中的空車進廠保養...等，藉此協助決策者進行各項資源的運用與調度，降低制定決策的困難與風險。

6.2 以最短總旅行距離為目標

在貨運業中，除了上一小節中所提到的運務員數量的多寡之外，每天派遣出去進行取件作業的車輛，所行駛的總旅行距離對貨運業者而言亦是一個重要的議題，假使每天的總旅行距離都能節省一部份，常久下來，這對貨運業者來說將可以節省大量的成本，這類的成本除了使用車輛的燃料成本之外，也還包括了維修保養的部份，並且可以間接地運用節省下來的部份去強化其他像是硬體建設、廣告宣傳、員工福利，或是降低送貨價格等。

表 6.2 以最短總旅行距離為推薦策略之目標

	N	無尖峰時段				單尖峰時段				雙尖峰時段				
		k	推薦策略	S%	F%	k	推薦策略	S%	F%	k	推薦策略	S%	F%	
均勻分佈	60	3	DM_5	50.5	32.1	3	DM_9_3	44.2	36.4	2	DM_9_3	43.6	40.2	
	90	4	DM_5	55.9	25.1	3	DM_9_3	40.3	33	3	DM_9_3	46.8	36.6	
	120	4	DM_5	50.3	27.1	4	DM_9_3	47.8	33.6	4	DM_9_3	47.7	30.9	
	150	4	DM_5	37	19.2	4	DM_9_3	44.4	29.2	4	DM_9_3	40.1	25.3	
	180	4	DM_5	24	12.7	4	DM_3	19.9	6.7	4	DM_9_3	34.9	24.6	
	210	4	DW_40	21.7	12.9	4	不分區	/	/	4	DM_9_3	29	18.2	
群聚分佈	70%	60	4	DM_5	35.4	27.2	2	DM_9_3	35.1	38.3	2	DM_9_3	41.5	42.6
		90	4	DM_5	42.5	30.4	3	DM_9_3	40.6	34.1	2	DM_9_3	26.6	28.2
		120	4	DM_5	46.9	29.7	4	DM_9_3	46.4	35.4	3	DM_9_3	36.1	28.9
		150	4	DM_5	43.4	24.5	4	DM_9_3	42.1	32.4	3	DM_9_3	28.5	22.8
		180	4	DM_5	33.7	21	4	DM_3	21.2	9.8	4	DM_9_3	37	26.9
		210	4	DW_40	25.8	16.1	4	固定	8.5	/	4	DM_9_3	30.7	21
	80%	60	4	DW_40	21.2	8.3	2	DM_9_3	31.9	35.6	2	DM_9_3	41.4	41.3
		90	4	DW_40	26.3	9.3	2	DM_9_3	29.1	29.8	2	DM_9_3	29.4	28.4
		120	4	DM_5	47.7	30.2	3	DM_9_3	38.4	29.4	3	DM_9_3	37.3	28.7
		150	4	DM_5	47.9	28.4	4	DM_9_3	42.9	32.2	3	DM_9_3	30	22.9
		180	4	DM_5	35.1	20.5	4	DM_9_3	37.2	26.4	4	DM_9_3	38.1	26.3
		210	4	DM_5	27.6	16.2	4	固定	8.3	/	4	DM_9_3	31.1	22.1

由表 6.2 觀察可發現，在各種情境下，要維持總旅行距離最少，原則上不論顧客需求數量的多寡，都必須派遣四位運務員來進行取件作業。在分區策略方面，無尖峰時段

內大多是推薦使用 DM_5 策略與 DW 策略;有尖峰時段存在時,則大多推薦使用 DM_9_3 策略。

在分區策略方面,無尖峰時段內大多是推薦使用 DM_5 策略與 DW_40 策略,與不分區相較約節省 21%~56%;有尖峰時段存在時,則大多推薦使用 DM_9_3 策略,與不分區相較約節省 26%~48%。

針對不同時間與空間分佈的特性,追求最少總旅行距離時可以減少燃料、車輛維修...等成本,貨運業者在派遣策略系統的建構上會比較單純,所需僱用的運務員數量也比較固定,人員排班方面也比較沒有輪班排休之類的問題。對運務員本身也因為服務時移動的距離縮短,在駕駛車輛上的疲勞程度也會比較低,在加上動態分區策略在勞役程度上是最好的一個策略,因此運務員的工作環境也間接地因此提升。

另外,貨運業者若期望以最少總旅行距離來進行服務時,會發現必須隨時都僱用四位運務員,雖然在運務員數量上會比表 6.1 時來得多,但是在節省的總旅行距離上也比較多,因此是各有利弊,主要還是要由決策者根據公司本身所制定的最終目標來作最後定奪。



第七章 結論與建議

7.1 結論

近年來有越來越多的學者在研究關於動態車輛派遣策略方面的問題，除了基本的分區策略，業界普遍運用的固定分區策略，也有許多不同的車輛派遣策略被紛紛提出。彭佑甯[26]所提出的動態分區策略亦是其一，在該篇文章中，對於動態分區策略在設計上的概念與執行上的方法都有相當詳細的說明，並且藉由均勻分佈的空間特性，與無尖峰時段的時間特性來進行測試，並明確地驗證了動態分區策略在該情境下，平均旅行距離最短的優勢，與執行等待策略而犧牲顧客等待時間的缺憾，亦針對勞役不均程度進行比較。

本研究為了瞭解在不同時間與空間的分佈特性下，不分區策略、固定分區策略與動態分區策略在各項績效指標下的優劣，是否與均勻分佈且無尖峰時段之情境有所差異，並藉此探討實務運用上的可能性，進而針對不同時間與空間的分佈進行設計。並依原有的動態分區策略為基礎進行改良，使得動態分區策略內的分群機制更為詳盡，也因此能隨著外在環境的變化而有所改變。

整體而言，動態分區相對於其他分區策略，在面對服務範圍外在環境變化上的適用能力較強，從各種情境中可以察覺，不分區策略雖然一直保有能夠最迅速服務每位顧客需求的優勢，但是相對的也替業者浪費了最多旅行成本，當顧客對於等待時間的長短不敏感時，不分區策略的優勢也會因此消弱。

而貨運業界一般慣用的固定分區策略，亦可在部份情境中發現，倘若遭逢尖峰時段，或是服務於群聚分佈明顯的區域時，運務員數量稍有不足，便會造成旅行距離上過度的浪費，甚至會出現固定責任區域的劃分形同虛設，與不分區策略效益相近的情形。實際上，貨運業者們也一直不斷地在日常經營中發現這樣的問題，但多數的解決方案也只能夠仰賴優秀的管理人材，視當下情況隨機應變。

動態分區策略雖然尚未能在實際情況中運作，但是透過系統模擬的方式，所產生的數據資料，可從上述章節內的分析與比較可以發現，動態分區策略主要在可以使用最短的旅行距離服務顧客，卻會因等待策略而犧牲顧客等待的時間。但是旅行距離的減少可以用實際的金錢衡量，而犧牲顧客等待時間的成本則難以計量，就目前所知的各大貨運業者來說，亦未能明確地訂定到府取件的最短時間限制，因此對顧客而言，多久的等待時間會使其不悅，便隨人、事、時、地、物而有所差異。

因此實務運用的可能性方面，本研究先行假設顧客可接受的等待時間為 60 分鐘以內，然後提出兩種貨運業者所重視的目標：最少運務員數量與最少總旅行距離為假設前提，去進行派遣策略的推薦。其中，本研究所設計的 DM_9_3 策略，主要可針對尖離峰內需求密度高低，調整尖峰時段與離峰時段內，進行動態分群前必須等待的需求數量多寡，DM_9_3 策略幾乎可適用於單、雙尖峰時段內各種不同的需求數量；而以等待固定時間間隔為分群條件的 DW 策略，亦可以運用於部份情境之下。透過第七章的結論，說明動態分區策略在實際運作上的可行性，同時也提供給貨運業者一份足以參考的依據。

7.2 建議

有關未來研究的方向，建議如下：

- (1) 本研究針對空間分佈特性的群聚分佈設計為單一個且固定出現在服務範圍的中心位置，後續研究可考慮將服務範圍內群聚分佈出現的位置，與群聚數量進行合理的變化，將更為切合真實情況。
- (2) 在服務範圍的設定上，本研究主要是參考新竹市的整體面積而定。在後續研究上，可考慮更大的面積設定，藉由服務範圍的擴大，去比較動態分區策略在等待分群動作時所浪費的時間，與各顧客需求位置間移動的時間，兩者之間應該會存在一些特殊的差異或比例上的關係，藉此亦可衡量動態分區策略在不同大小服務範圍內執行時的績效。
- (3) 動態分區策略目前所做的改良，都著重於利用時間，或是需求數量為條件去決定分群動作的執行，後續研究可從空間特性的角度，考慮當等候分群條件被滿足時，運務員可停留的有利位置。
- (4) 本研究進行系統策略之需求點資料皆是透過程式撰寫而產生，後續研究亦可嘗試與實際的貨運業者協調取得真實的相關歷史資料，藉由系統模擬的方式來測試動態分區策略的執行成效。



參考文獻

1. Brown, G. and B. L. Golden, “Real-Time Dispatch of Petroleum Tank truck”, *Management Science*, Vol. 27, pp. 19-21, 1981.
2. Bell, M. G. H., K. I. Wong and A. J. Nicholson, “A rolling horizon approach to the optimal dispatching of taxi”, 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, pp.629-648, USA, 19-21 July, 2005.
3. Branke, J., M. Middendorf, G. Noeth and M. Dessouky , “Waiting strategies for dynamic vehicle routing”, *Transportation Science*, Vol.39, No. 3, pp.298-312, 2005.
4. Barrett, W. T., “Waiting Strategies for Anticipating Service Requests from Known Customer Locations” *Transportation Science*, Vol. 41, pp. 319-331, 2007.
5. Du, T. C., E. Y. Li and D. Chou, “Dynamic Vehicle Routing for online B2C delivery”, *The International Journal of Management Science*, Vol. 33, pp. 33-45, 2005.
6. Dantzig. G. B, R.H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, Vol. 6, pp.80–91, 1959.
7. Gendreau, M., F. Guertin, J. Y. Potvin and E. Taillard, “Parallel tabu search for real-time vehicle routing and dispatching”, *Transportation Science*, Vol. 33, pp. 381-390, 1993.
8. Gendreau, M. and J. Y. Potvin, “Dynamic vehicle routing and dispatching”, Technical Report CRT 97-38, Centre de Recherche sur les Transport, Universite de Montreal, Montreal, Quebec, Canada, 1997.
9. Ghiani, G., F. Guerriero, G. Laporte and R. Musmanno, “Real-time vehicle routing: solution concepts, algorithms and parallel computing strategies”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 151, pp. 1-11, 2003.
10. Kaufman, L. and P. J. Rousseeuw, “Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis”, John Wiley & Sons, 1990.
11. Larsen, A., “The dynamic vehicle routing problem”, Ph. D. dissertation, Department of Mathematical Modeling, Technical University of Denmark, Kongens, Lyngby, Denmark, 2000.
12. Larsen, A., O Madsen and M Solomon, “Partially dynamic vehicle routing—models and algorithms”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 53, pp. 637-646, 2002.
13. Larsen, A., O Madsen and M. Solomon, “The a priori dynamic vehicle routing problem

- with time windows”, *Transportation Science*, Vol.38, No.4, pp.459-472, 2004.
14. Lund, K., O. B. G. Madsen and J. M. Rygaard, “Vehicle routing problems with varying degrees of dynamism”, Technical Report, Institute of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, 1996.
 15. Han, A. F. and Y. J. Cho, “A GIDS metaheuristic approach to the fleet size and mix vehicle routing problem”, in Celso Riberiro and Pieere Hansen (Eds.), *Essays and Surveys in Metaheuristics*, Chapter 18, pp. 399-414, Kluwer, 2001.
 16. Han, J. and M. Kamber, “Data Mining: Concept and Techniques.” Morgan Kaufmann, 2000.
 17. Hentenryck, P. V. and R. Bent, “Online Stochastic Combinatorial Optimization.” The MIT Press, 2006.
 18. Ichoua, S., M. Gendreau and J. Y. Potvin, “Diversion issues in real-time vehicle dispatching”, *Transportation Science*, Vol. 34, No. 4, pp. 426-438, 2000.
 19. Mitrovic-Minic, S., and G. Laporet., “Waiting strategies for the dynamic pickup and delivery problem with time windows”. *Transportation Research Part B* , 38 635-655, 2004.
 20. MacQueen, J.B, “Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations”. *Proc. 5th Berkeley Symp. Math. Statist, Prob.*, 281-297, 1967.
 21. Psarafits, H. N., “Dynamic vehicle routing problems”, in B. L. Golden, A. A., Assad (Eds), *Vehicle Routing: Methods and Studies*, Elsevier Science, Amsterdam, pp.223-248, 1988.
 22. Psarafits, H. N., “Dynamic vehicle routing: status and prospects”, *Annals of Operations Research*, Vol. 61, pp. 142-164, 1995.
 23. 邱佩諄,「快遞運務員動調派之模擬分析」,國立交通大學,碩士論文,民國 80 年。
 24. 袁智偉,「動態撥召公車問題等待策略之研究」,國立交通大學,碩士論文,民國九十六年。
 25. 陳建緯,「大規模旅行推銷員問題之研究:鄰域搜尋法與巨集啟發式解法之應用」,國立交通大學,碩士論文,民國 90 年。
 26. 彭佑甯,「多個快遞運務員動態分區派遣策略之研究」,國立交通大學,碩士論文,民國九十七年。
 27. 賴育廷,「不同需求特性下動態車輛配遣策略之研究」,國立交通大學,碩士論文,

民國 95 年。

28. 韓復華、王國琛，「巨集啟發式解法在求解大規模旅行推銷員問題之應用」，運輸學刊，14 卷 2 期，1 至 14 頁，民國 91 年 6 月。
29. 韓復華、卓裕仁，「包容性深廣度搜尋法在週期性車輛路線問題之應用」，運輸計劃季刊，31 卷 1 期，1 至 36 頁，民國 91 年 3 月。
30. 韓復華、吳志仁，「一般化卡車拖車路線問題」，中華民國運輸學會年會暨第 18 屆運輸研討會論文集，930 至 938 頁，國立交通大學，民國 92 年 12 月。
31. 韓復華，「以 GIDS 求解大規模旅行推銷員問題之研究」，89 年度國科會專題研究計畫成果報告(NSC-89-2211-E-009-078)。
32. 韓復華、張靖、卓裕仁，「車輛路線問題研究：SA、TA、NM、SSS 與交換型啟發式方法之綜合應用分析」，國立交通大學運輸工程與管理學系，85 年度國科會專題研究計畫成果報告(NSC-85-2211-E-009-023)。



附錄 A

A.1 均勻分佈且無尖峰時段\三位運務員

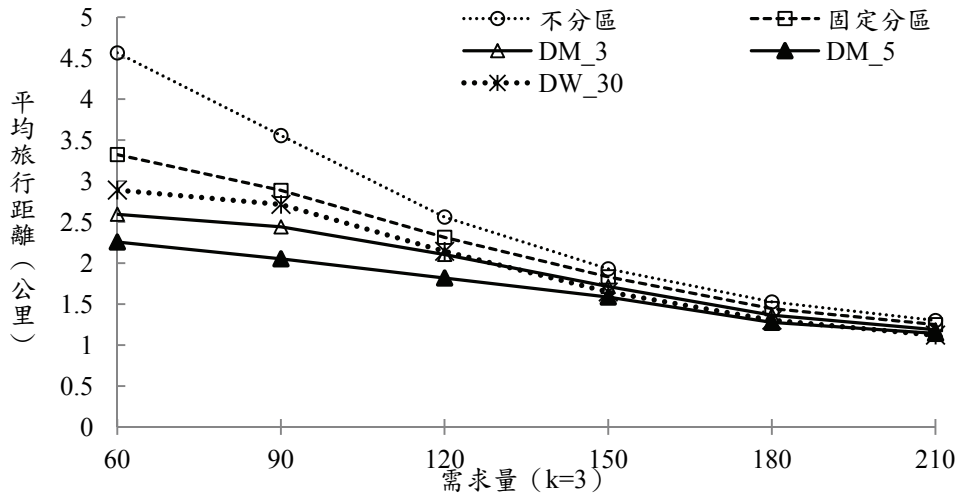


圖 A.1 平均旅行距離(k = 3)

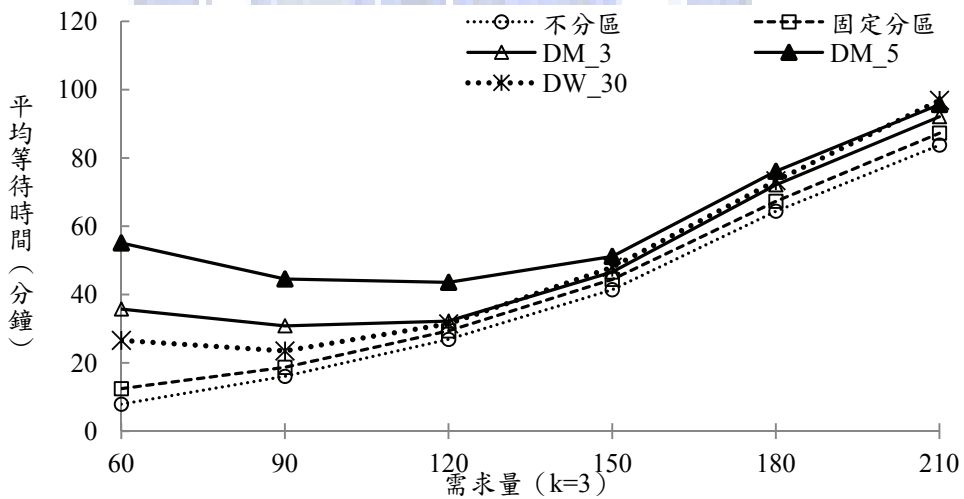


圖 A.2 平均等待時間(k = 3)

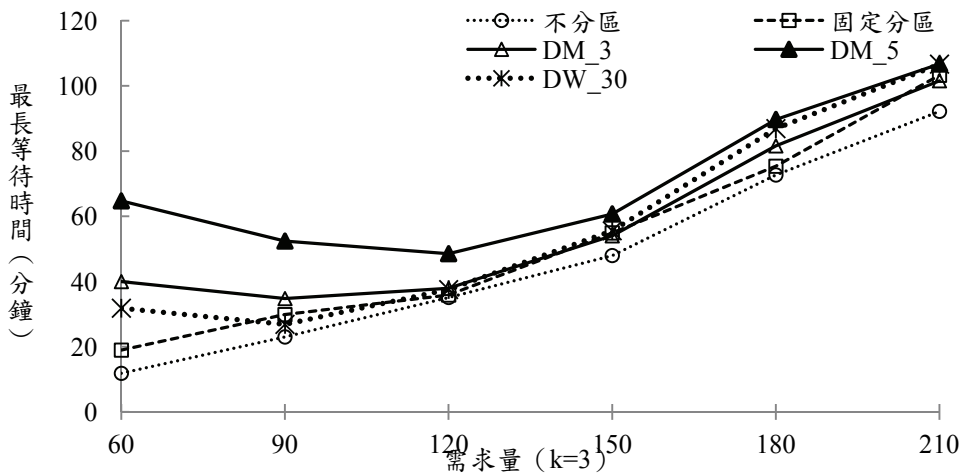


圖 A.3 最長等待時間(k = 3)

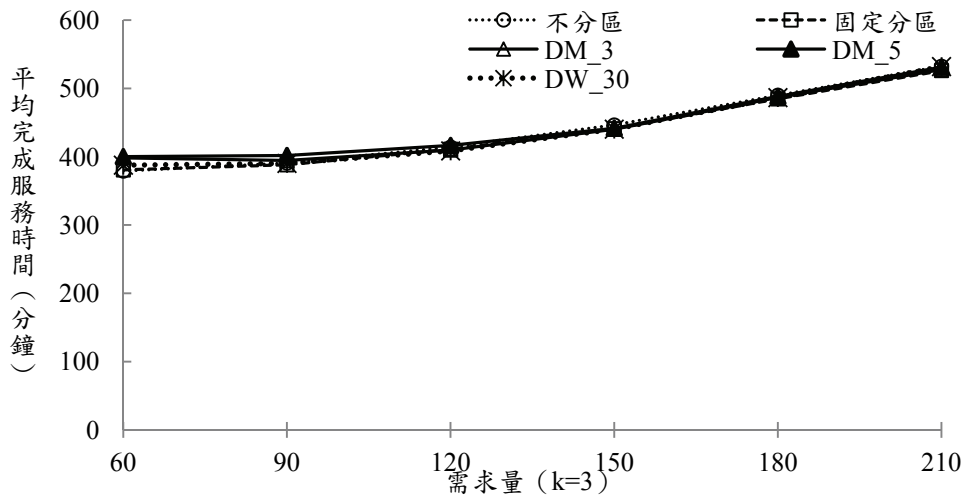


圖 A. 4 平均完成服務時間(k=3)

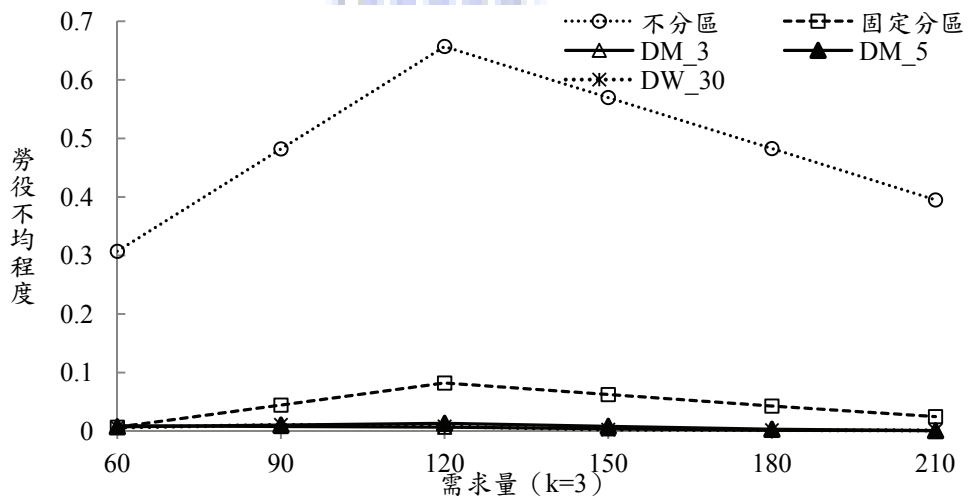


圖 A. 5 勞役不均程度(k=3)

A. 2 均勻分佈且無尖峰時段\四位運務員

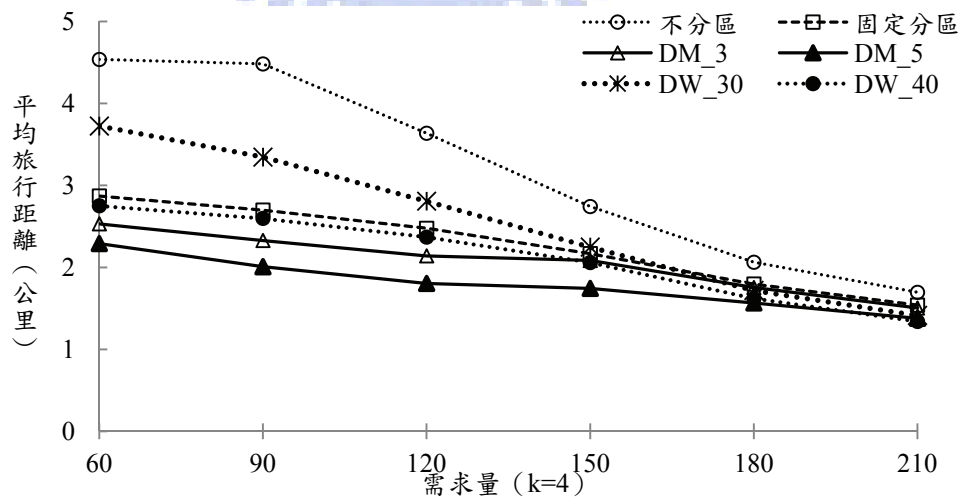


圖 A. 6 平均旅行距離(k=4)

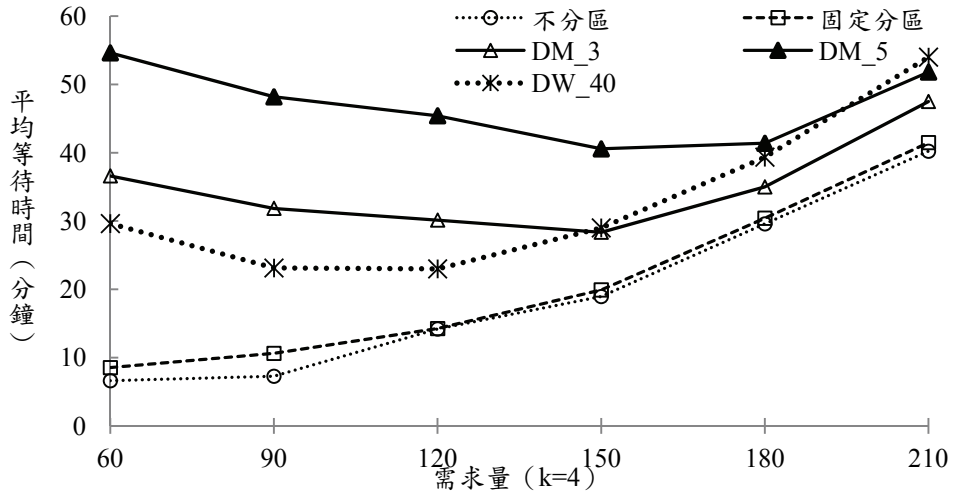


圖 A. 7 平均等待時間(k=4)

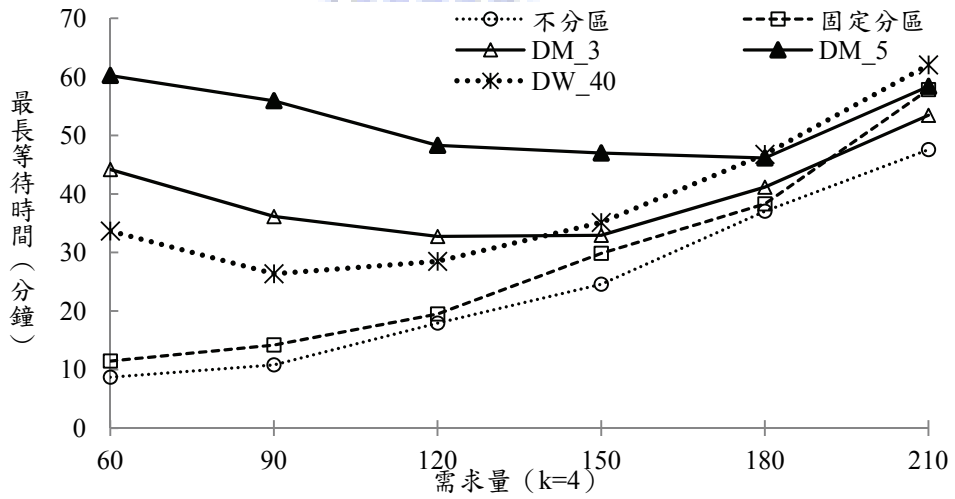


圖 A. 8 最長等待時間(k=4)

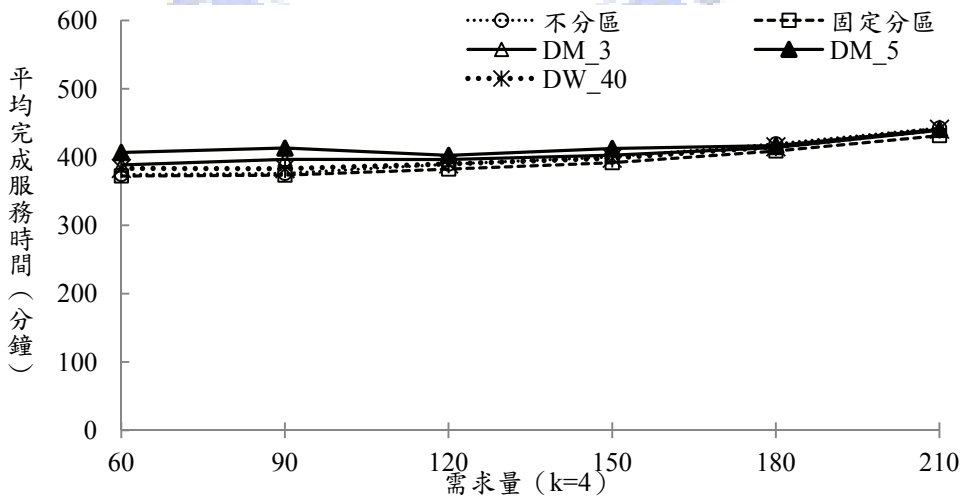


圖 A. 9 平均完成服務時間(k = 4)

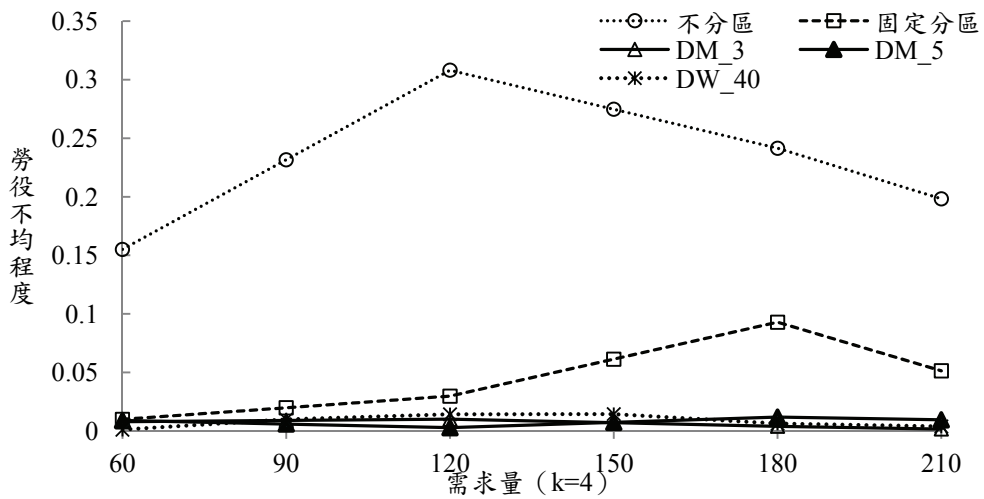


圖 A. 10 勞役不均程度(k = 4)

A. 3 均勻分佈且單尖峰時段\二位運務員

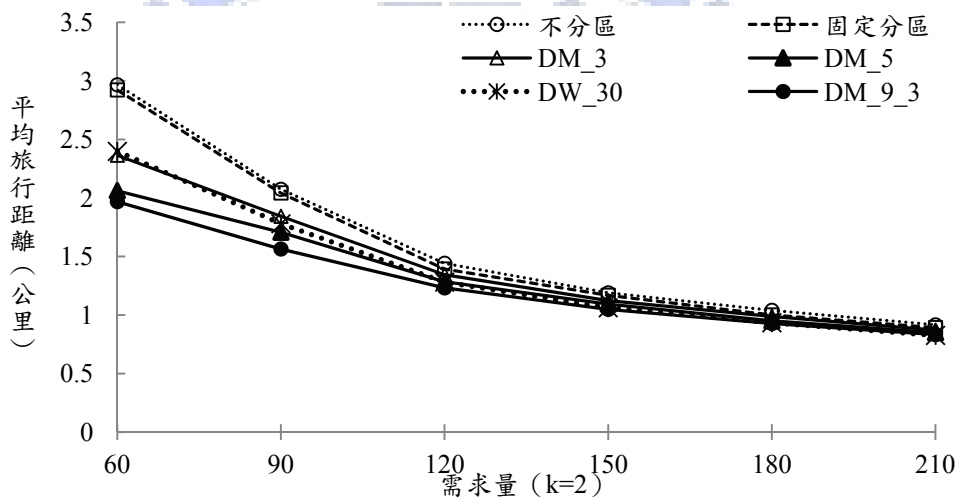


圖 A. 11 平均旅行距離(k = 2)

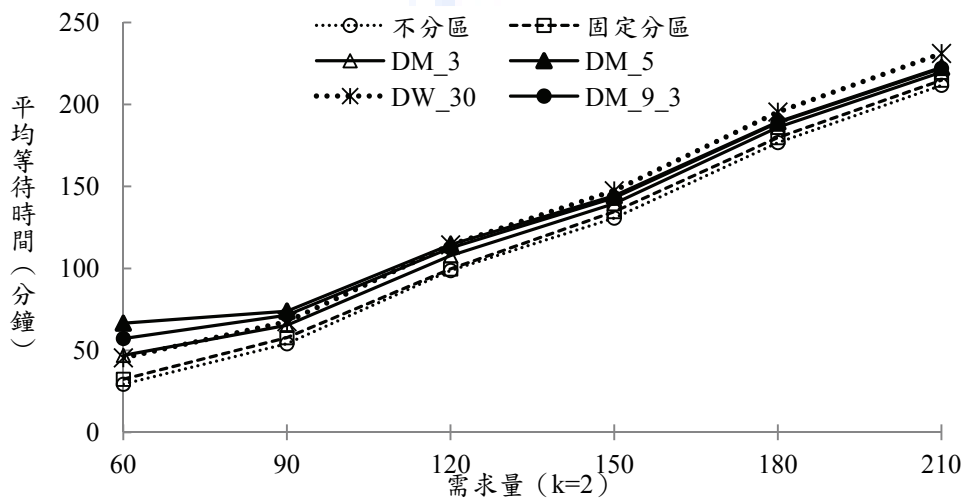


圖 A. 12 平均等待時間(k = 2)

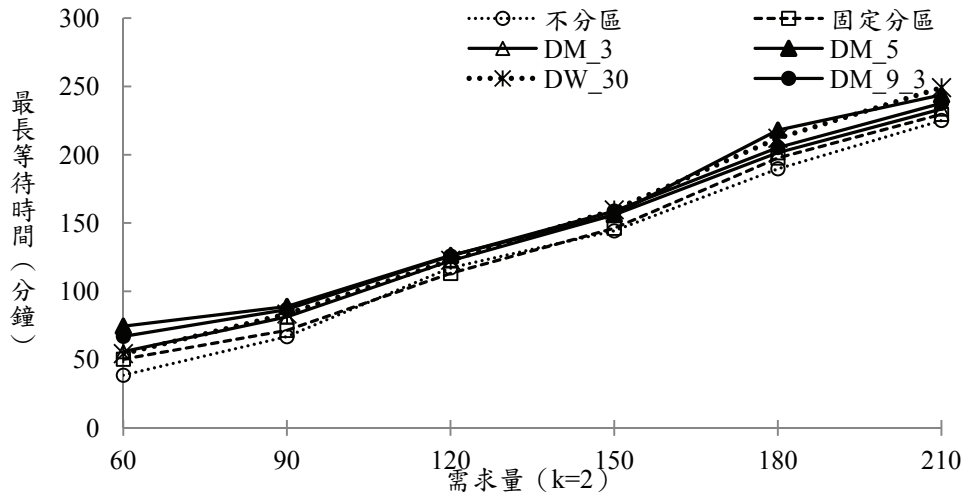


圖 A. 13 最長等待時間(k=2)

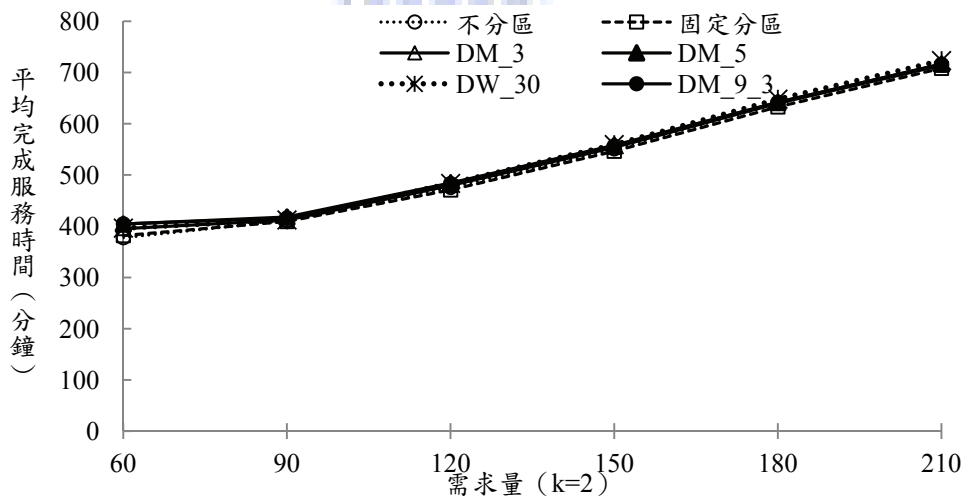


圖 A. 14 平均完成服務時間(k=2)

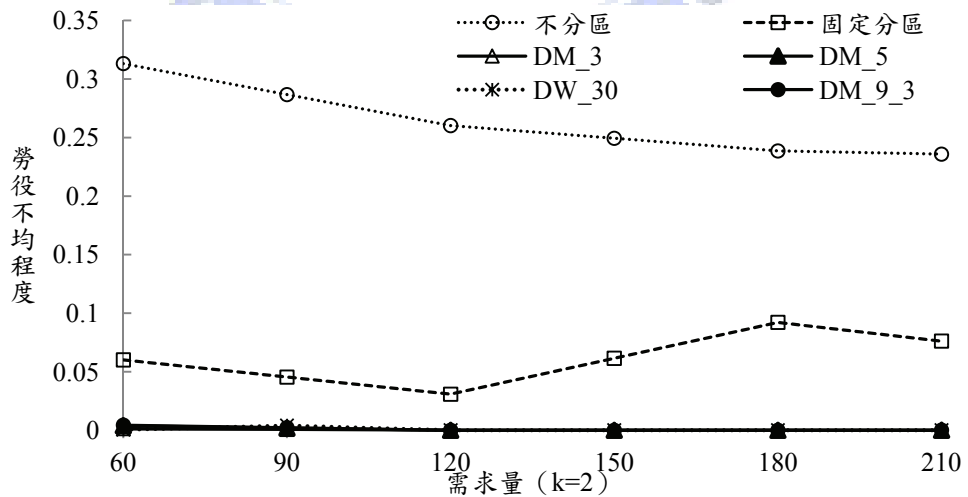


圖 A. 15 勞役不均程度(k=2)

A.4 均勻分佈且單尖峰時段\三位運務員

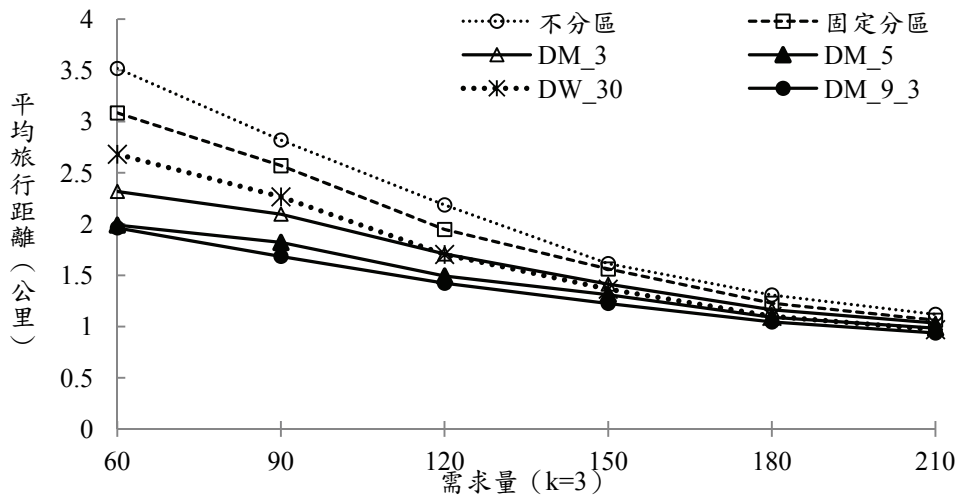


圖 A.16 平均旅行距離(k=3)

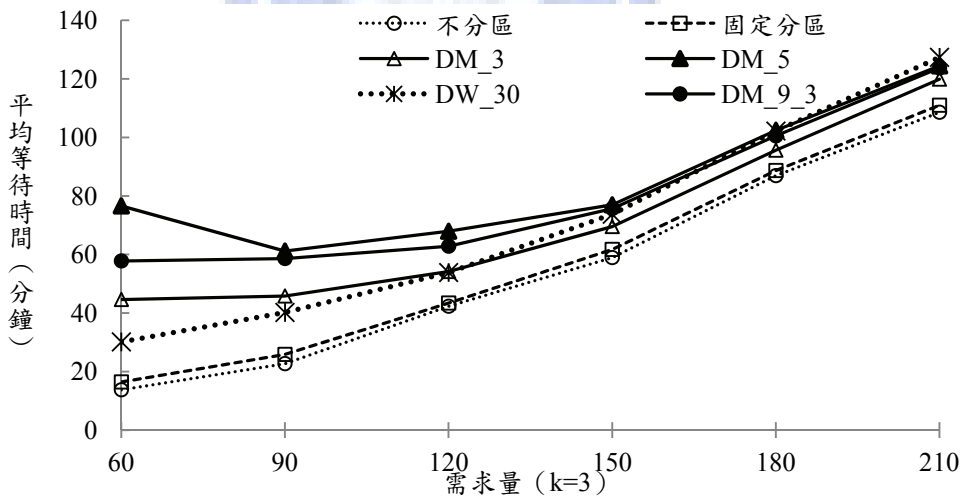


圖 A.17 平均等待時間(k=3)

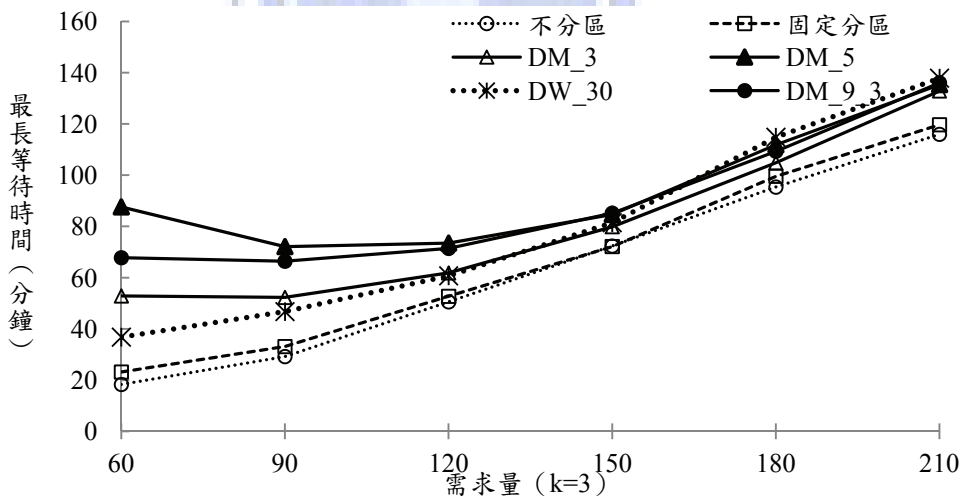


圖 A.18 最長等待時間(k=3)

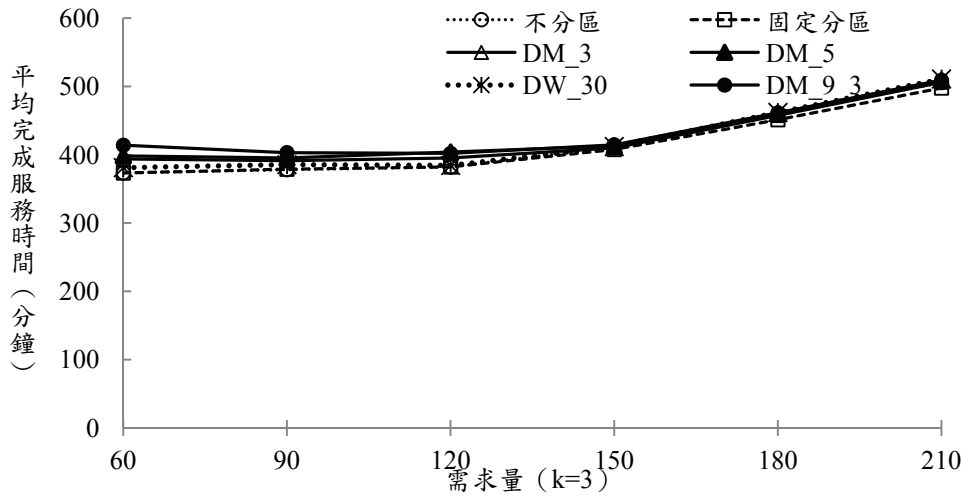


圖 A. 19 平均完成服務時間(k = 3)

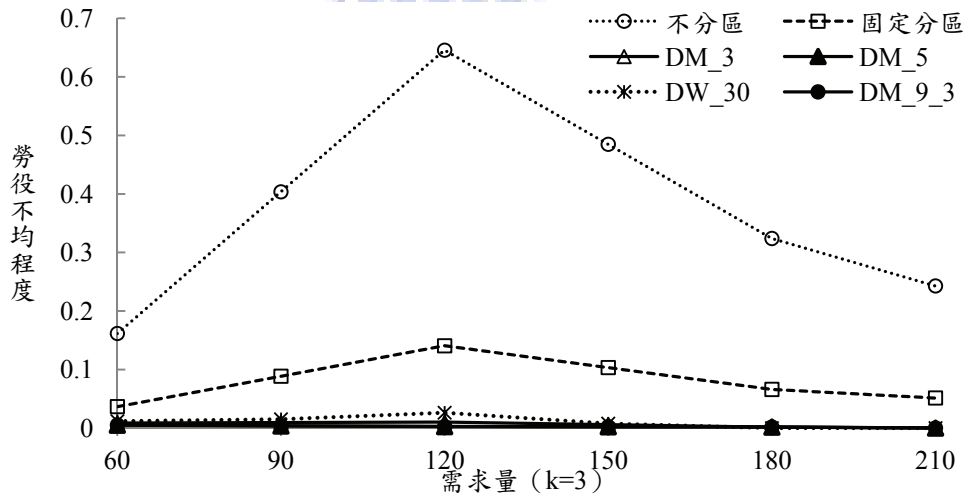


圖 A. 20 勞役不均程度(k = 3)

A. 5 均勻分佈且單尖峰時段\四位運務員

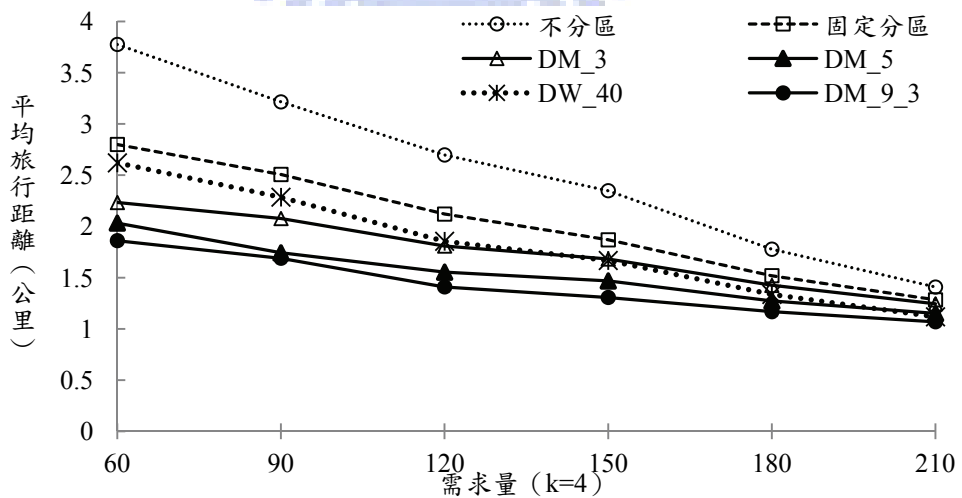


圖 A. 21 平均旅行距離(k = 4)

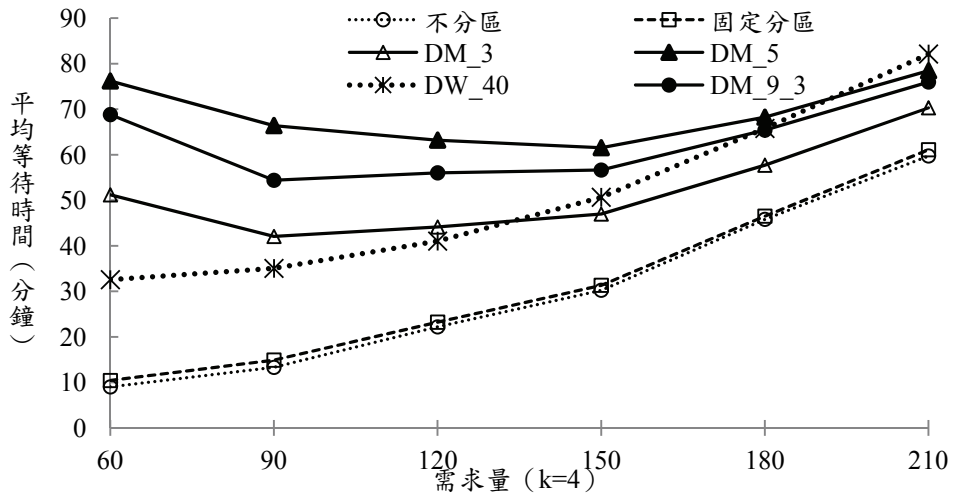


圖 A. 22 平均等待時間(k=4)

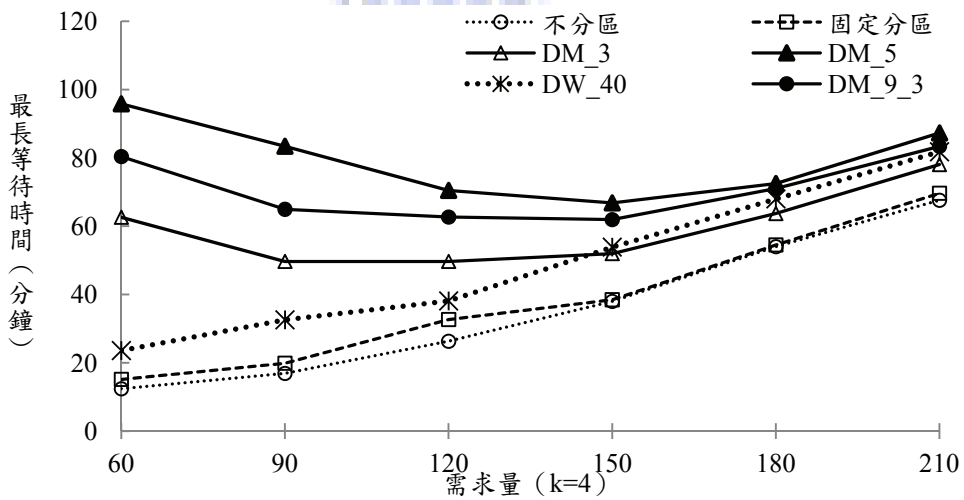


圖 A. 23 最長等待時間(k=4)

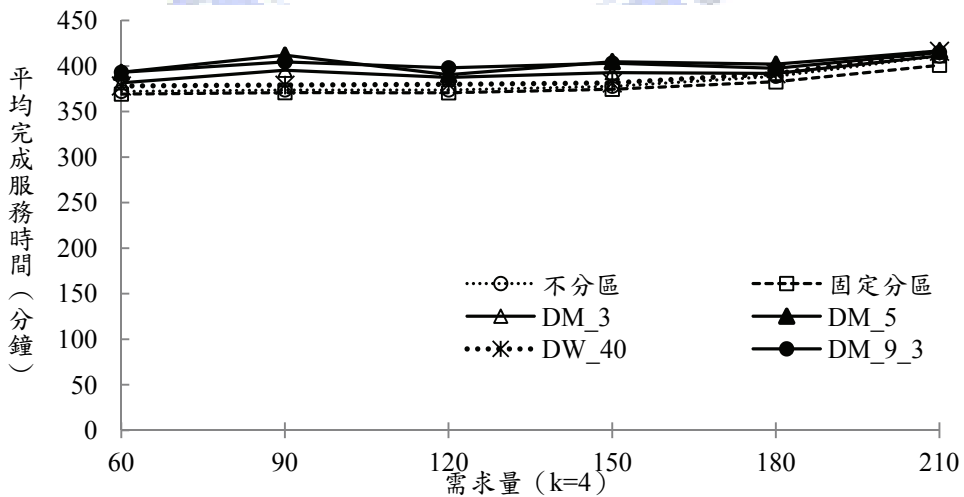


圖 A. 24 平均完成服務時間(k=4)

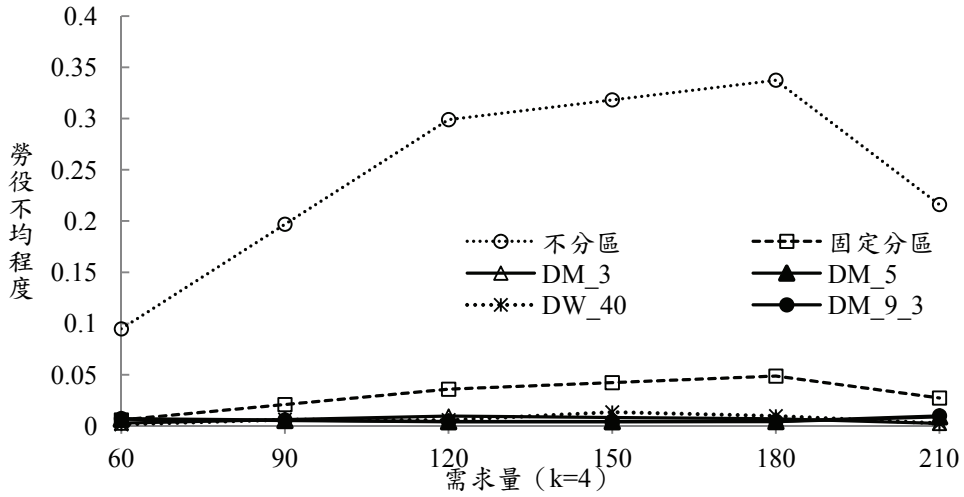


圖 A. 25 勞役不均程度(k = 4)

A. 6 均勻分佈且雙尖峰時段\二位運務員

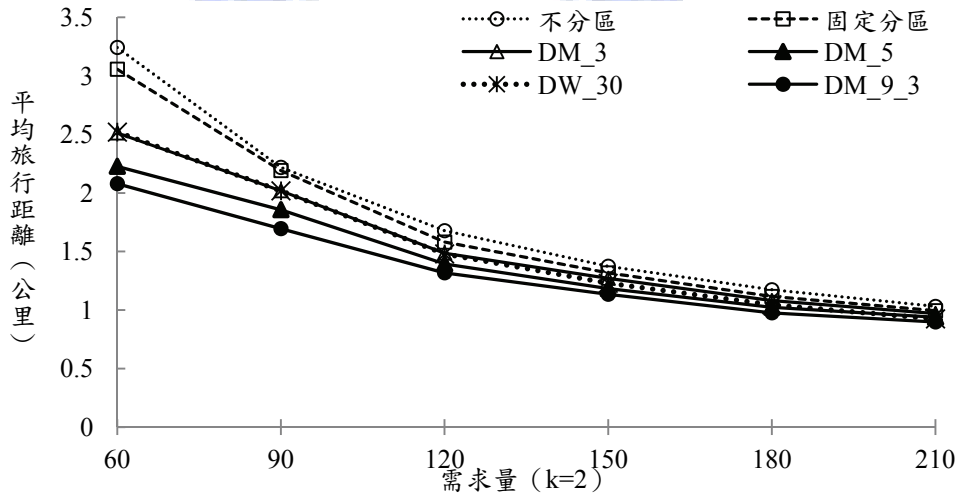


圖 A. 26 平均旅行距離(k = 2)

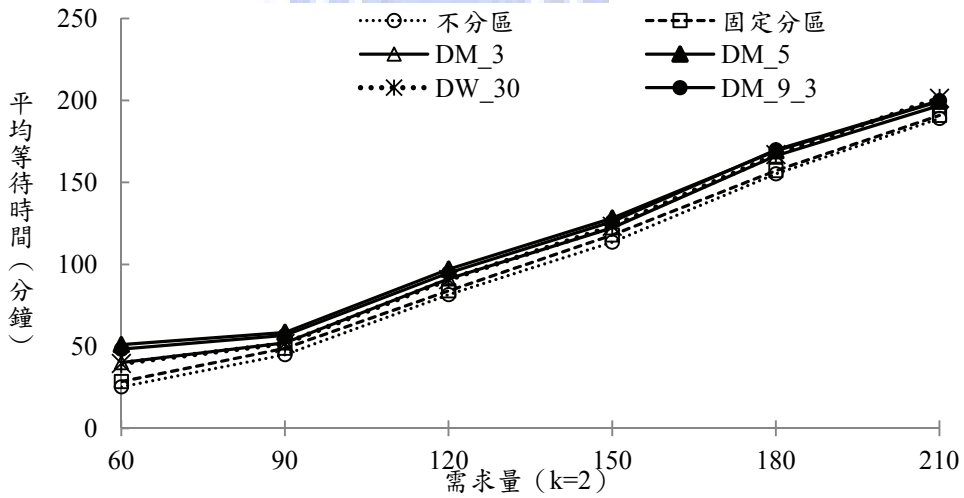


圖 A. 27 平均等待時間(k = 2)

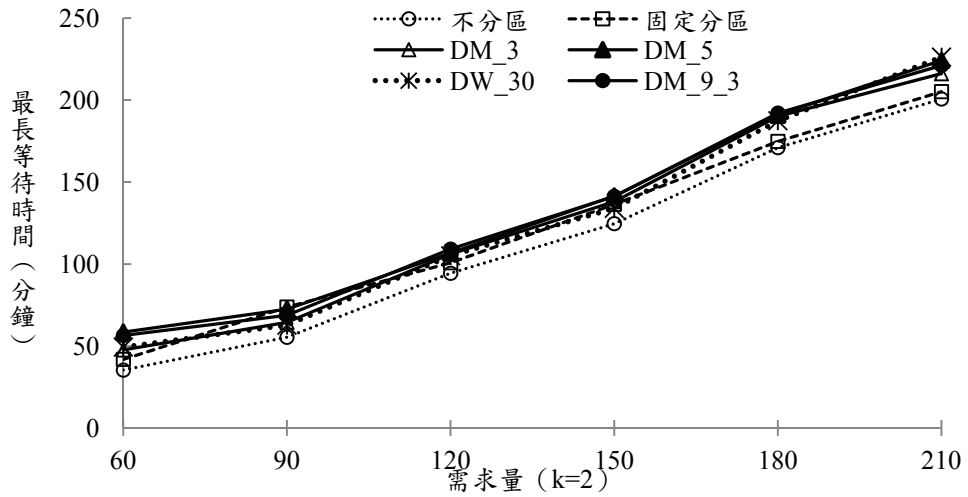


圖 A. 28 最長等待時間(k=2)

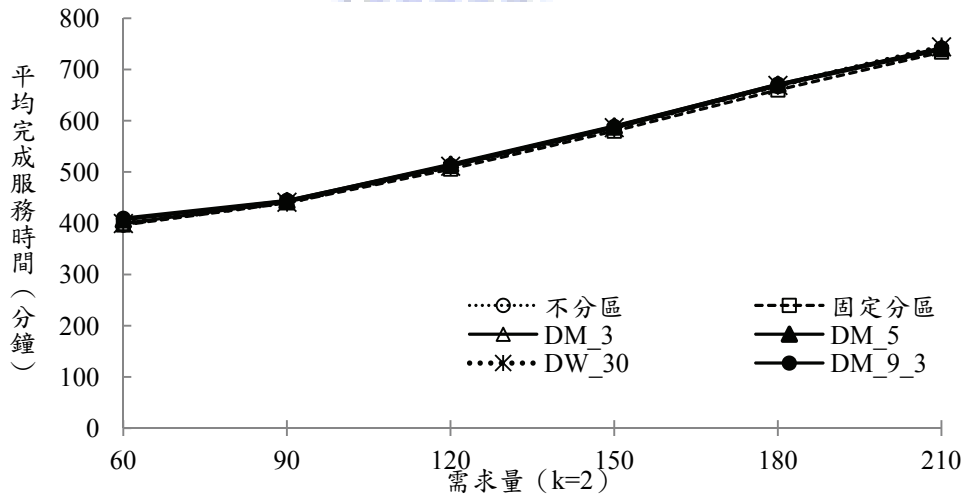


圖 A. 29 平均完成服務時間(k=2)

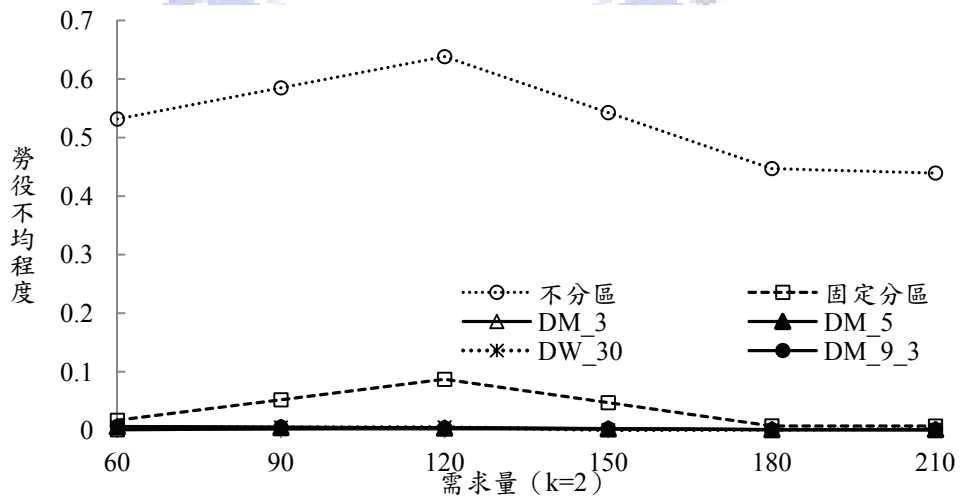


圖 A. 30 勞役不均程度(k=2)

A.7 均勻分佈且雙尖峰時段\三位運務員

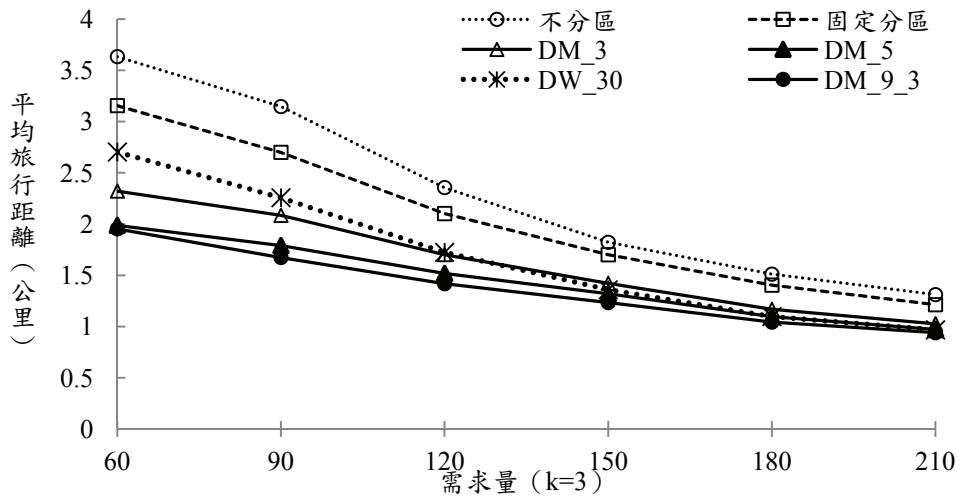


圖 A.31 平均旅行距離(k=3)

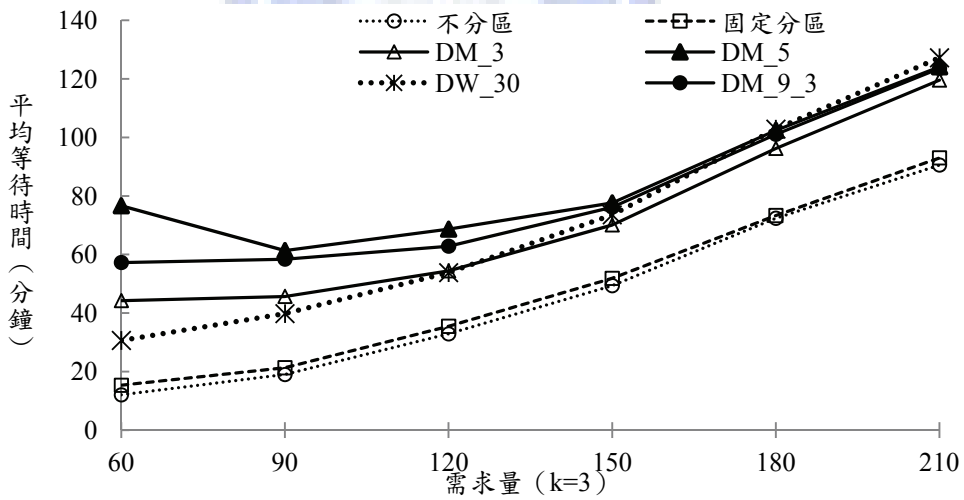


圖 A.32 平均等待時間(k=3)

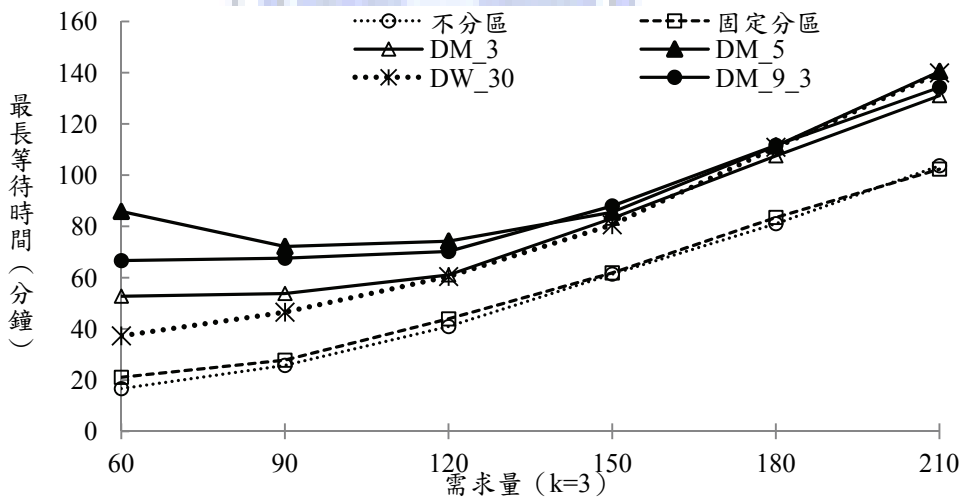


圖 A.33 最長等待時間(k=3)

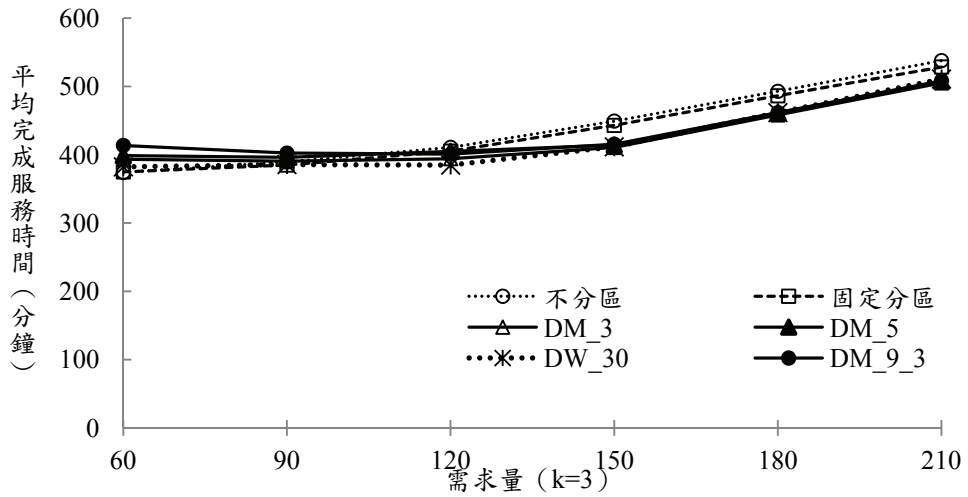


圖 A. 34 平均完成服務時間(k = 3)

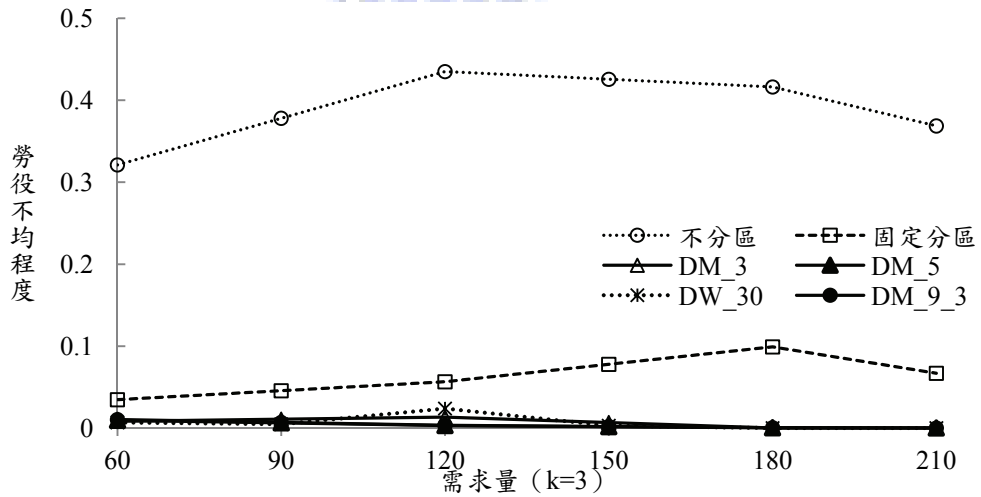


圖 A. 35 勞役不均程度(k = 3)

A. 8 均勻分佈且雙尖峰時段\四位運務員

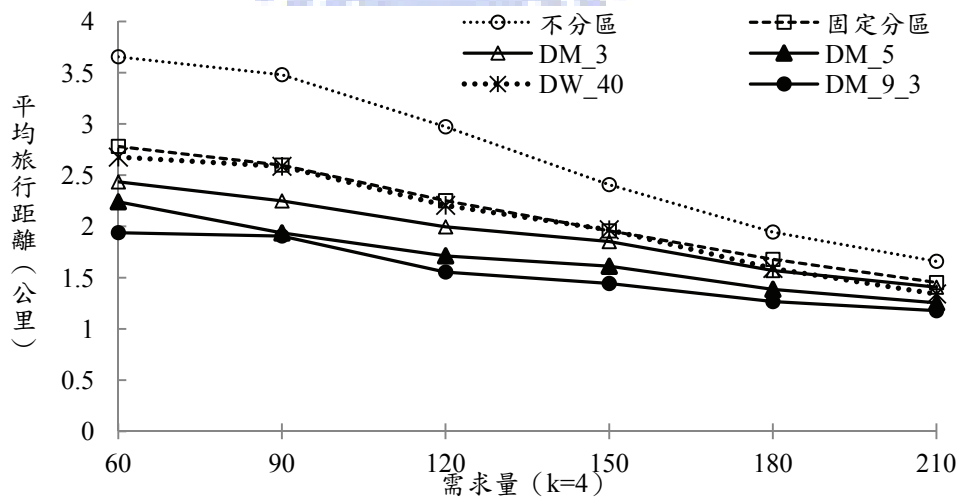


圖 A. 36 平均旅行距離(k = 4)

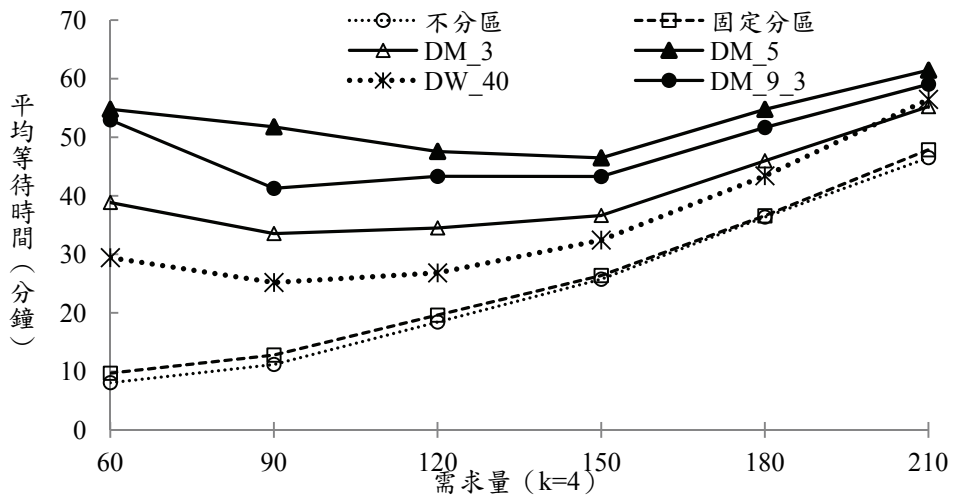


圖 A. 37 平均等待時間(k=4)

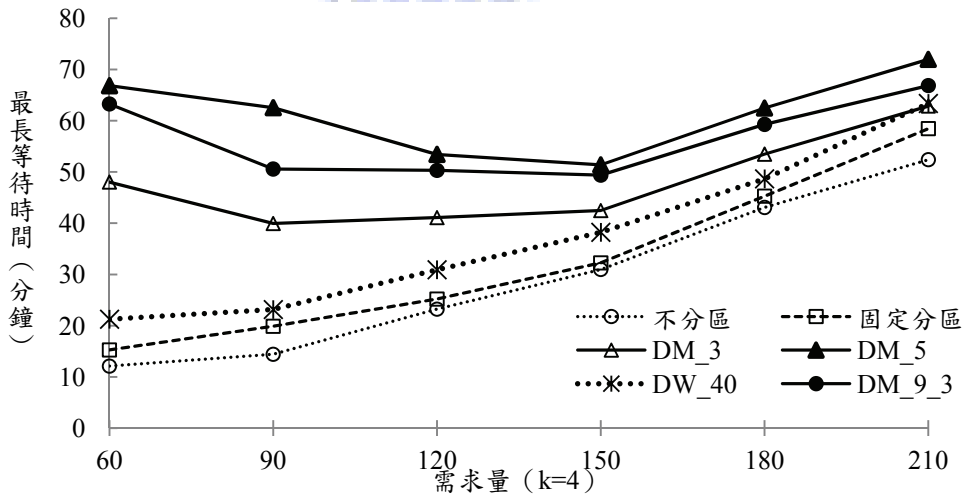


圖 A. 38 最長等待時間(k=4)

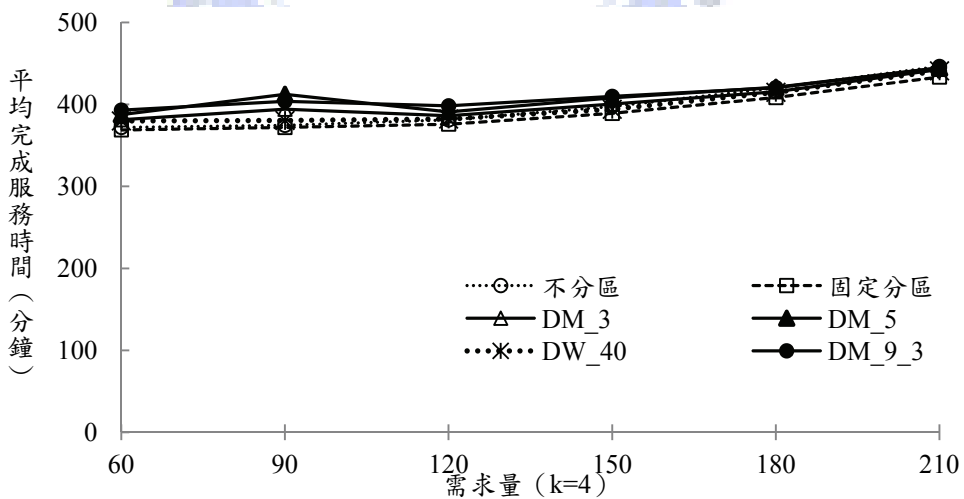


圖 A. 39 平均完成服務時間(k=4)

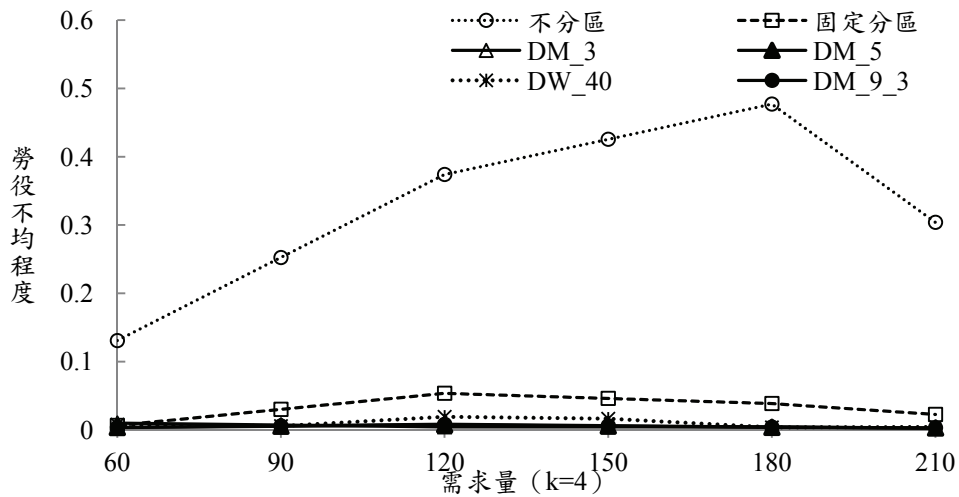


圖 A. 40 勞役不均程度(k = 4)

A. 9 70%群聚分佈且無尖峰時段\二位運務員

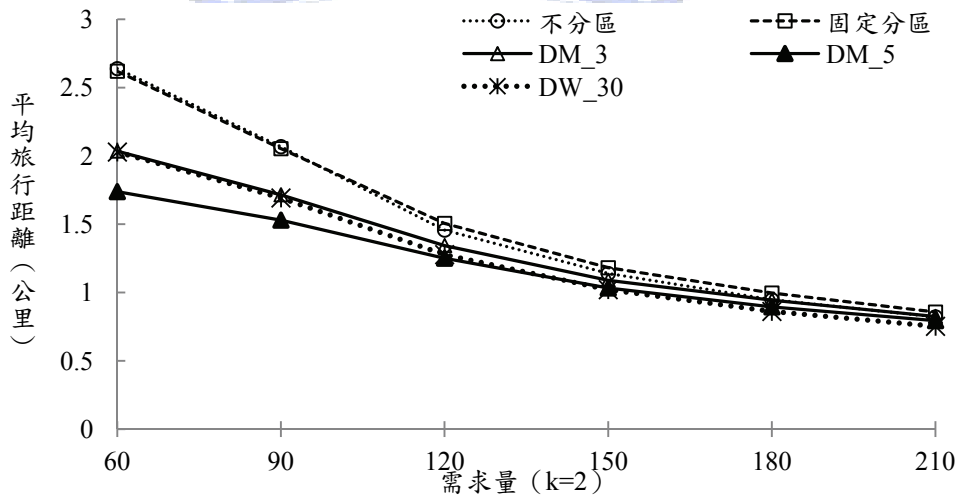


圖 A. 41 平均旅行距離(k = 2)

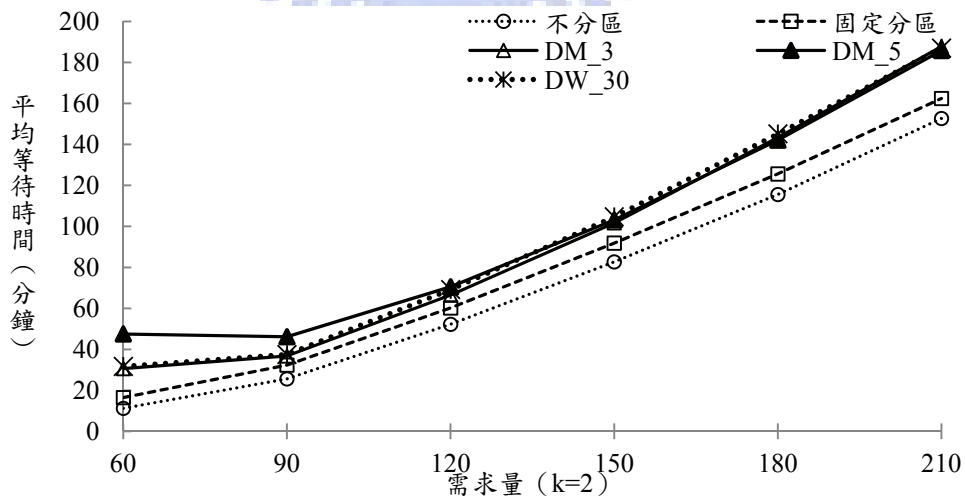


圖 A. 42 平均等待時間(k = 2)

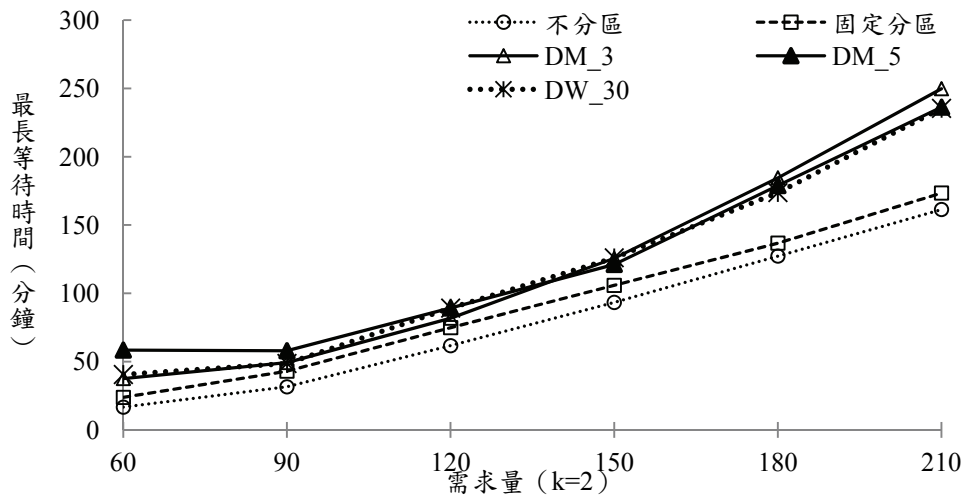


圖 A. 43 最長等待時間(k=2)

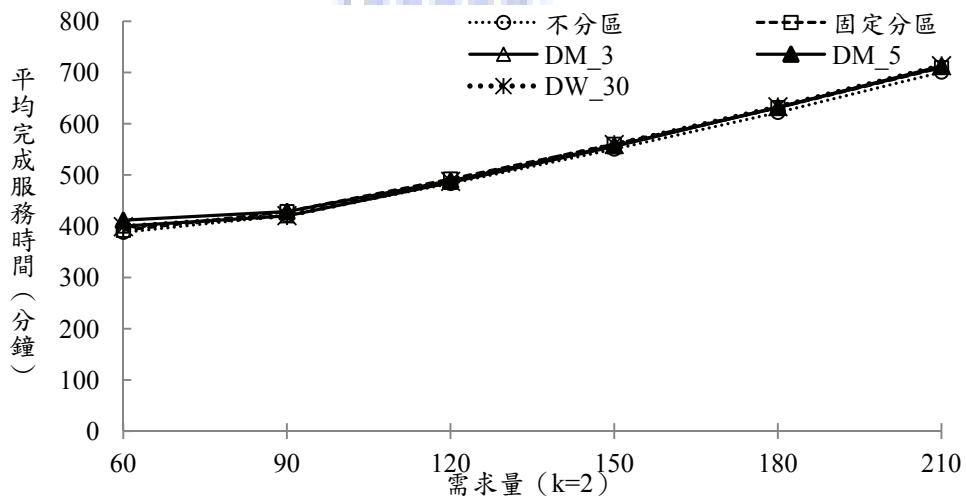


圖 A. 44 平均完成服務時間(k=2)

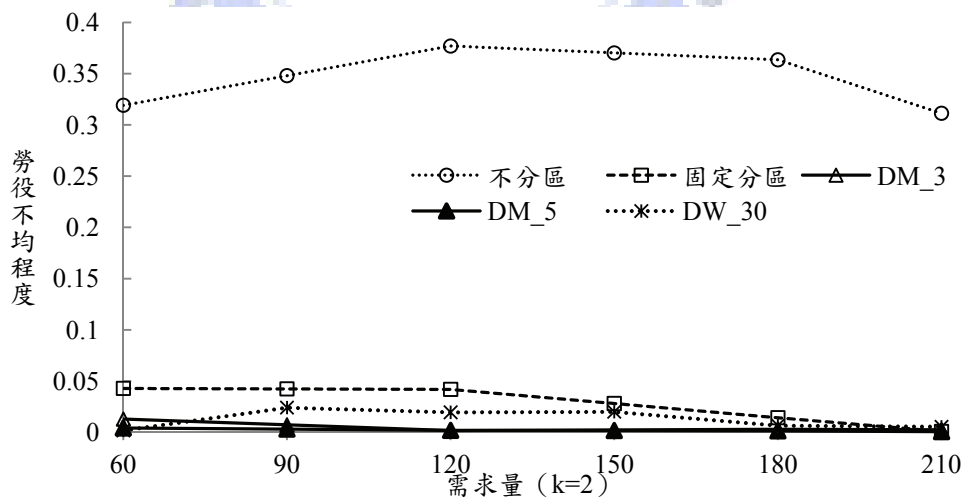


圖 A. 45 勞役不均程度(k=2)

A. 10 70%群聚分佈且無尖峰時段\三位運務員

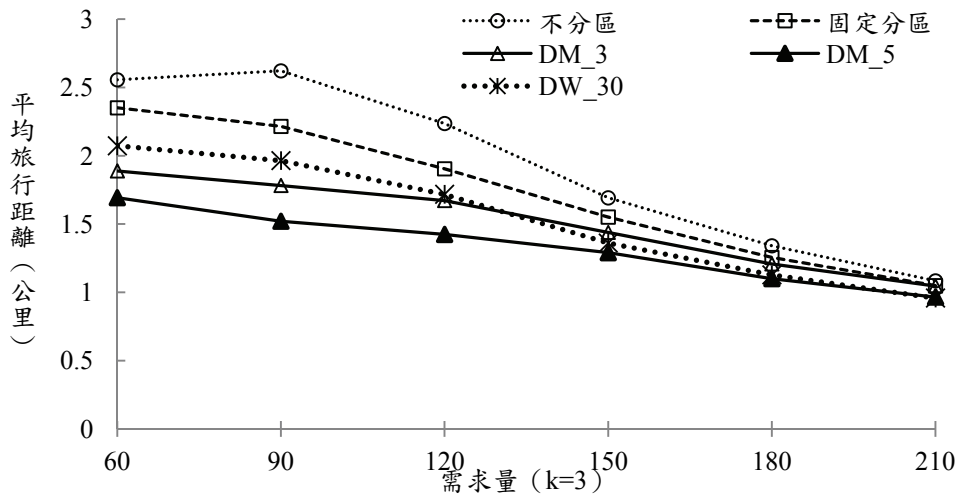


圖 A. 46 平均旅行距離(k = 3)

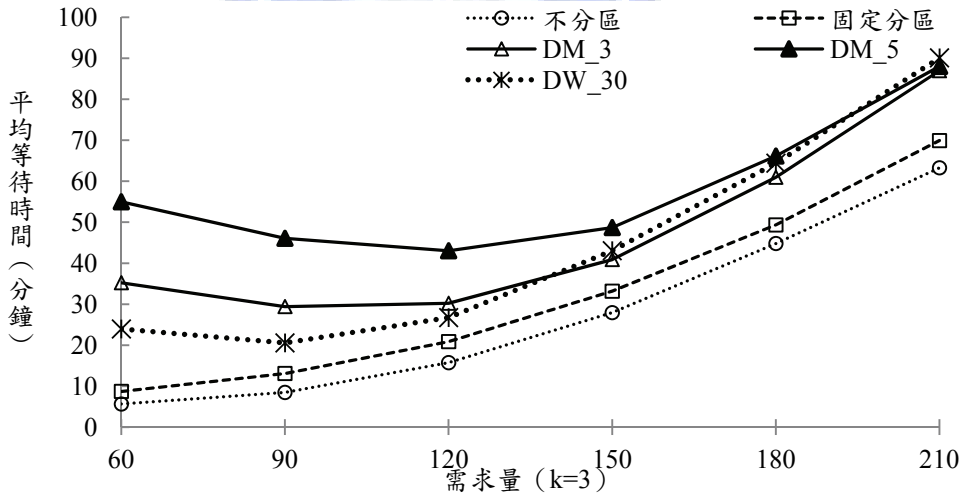


圖 A. 47 平均等待時間(k = 3)

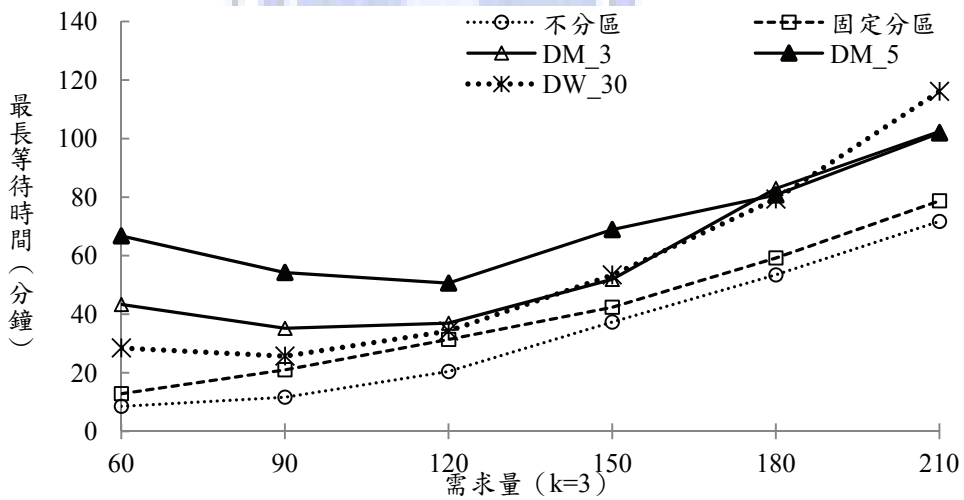


圖 A. 48 最長等待時間(k = 3)

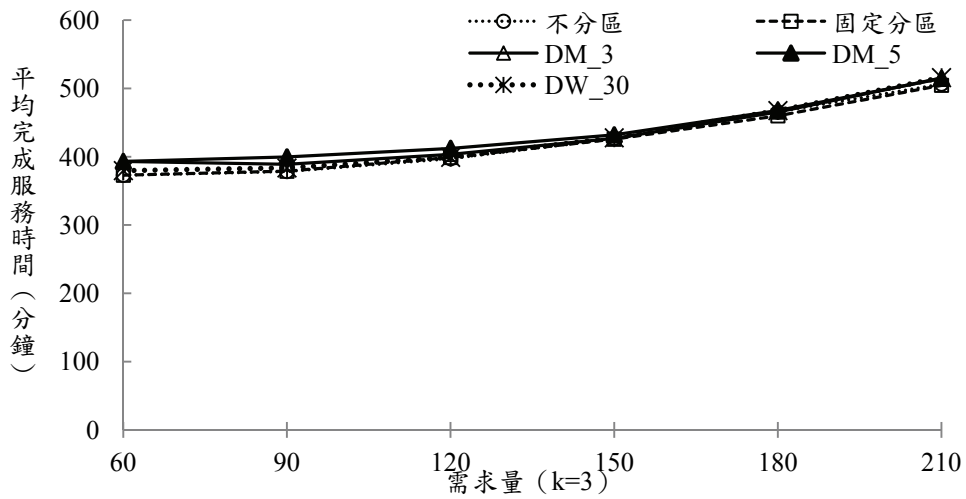


圖 A. 49 平均完成服務時間(k=3)

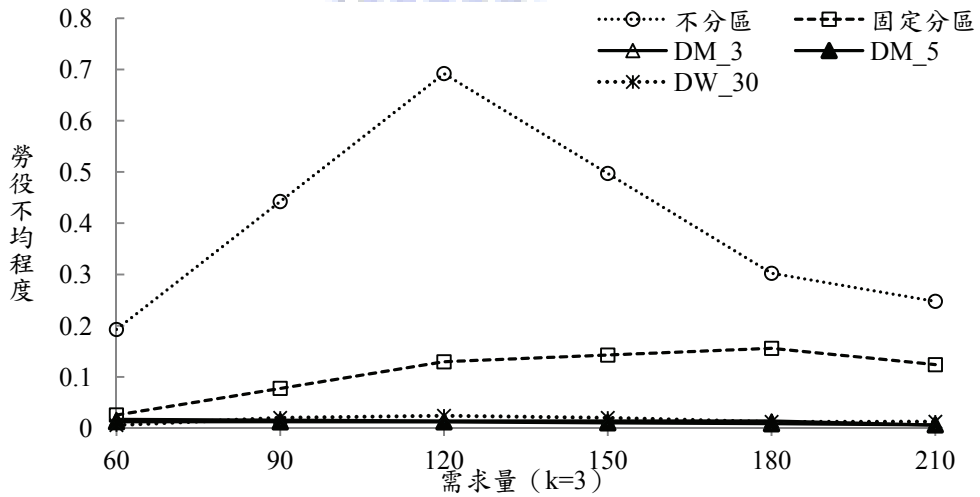


圖 A. 50 勞役不均程度(k=3)

A. 11 70%群聚分佈且無尖峰時段\四位運務員

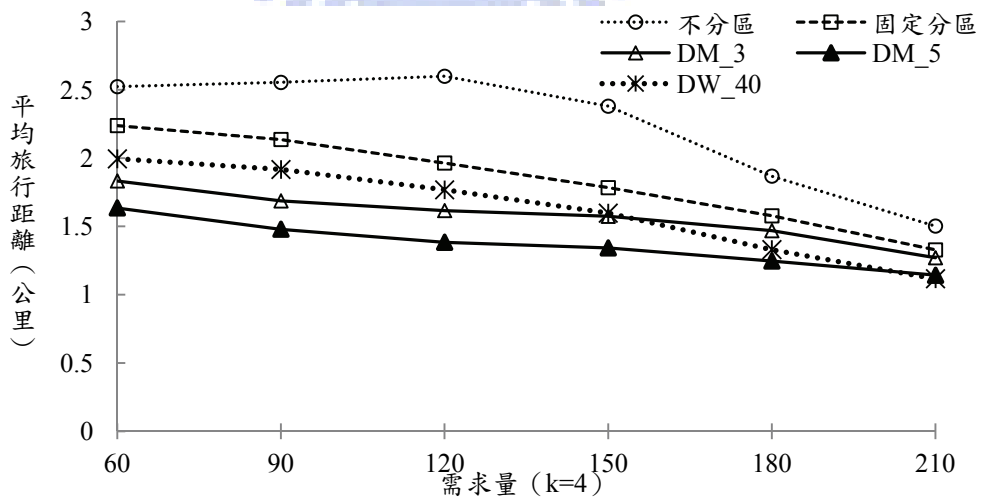


圖 A. 51 平均旅行距離(k=4)

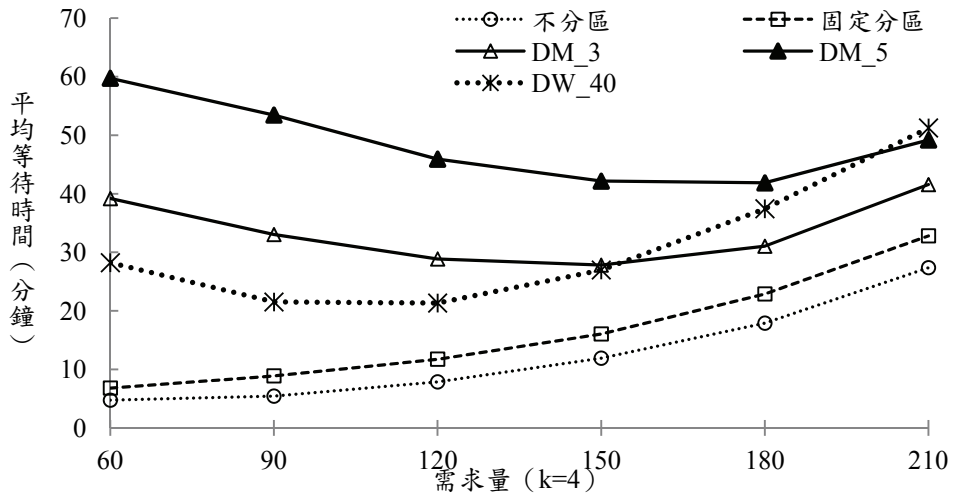


圖 A. 52 平均等待時間(k=4)

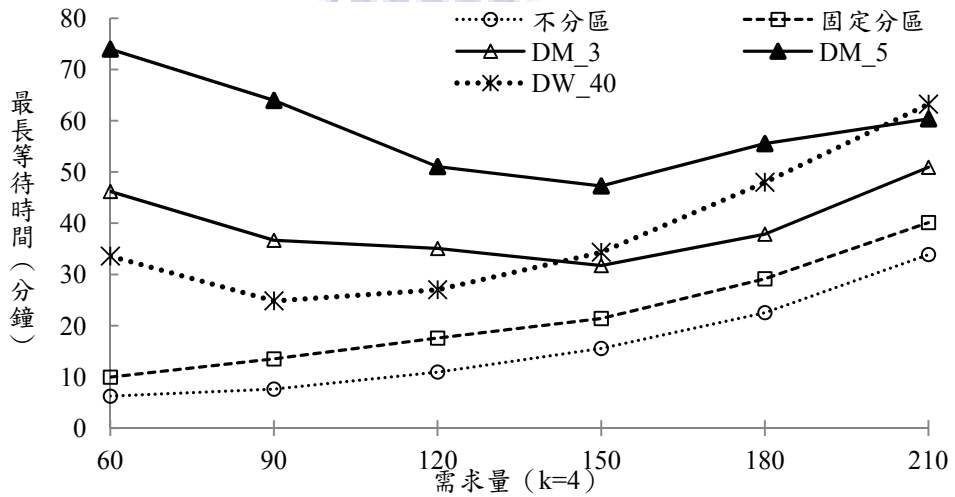


圖 A. 53 最長等待時間(k=4)

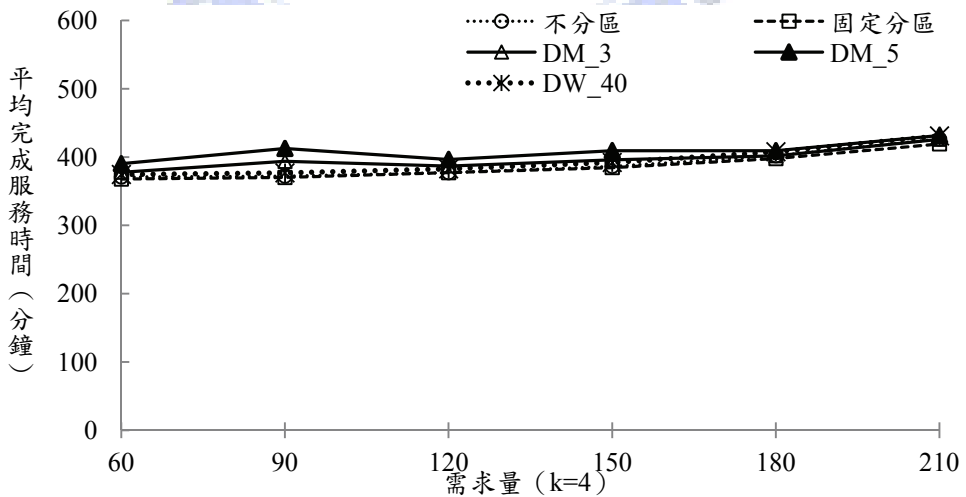


圖 A. 54 平均完成服務時間(k = 4)

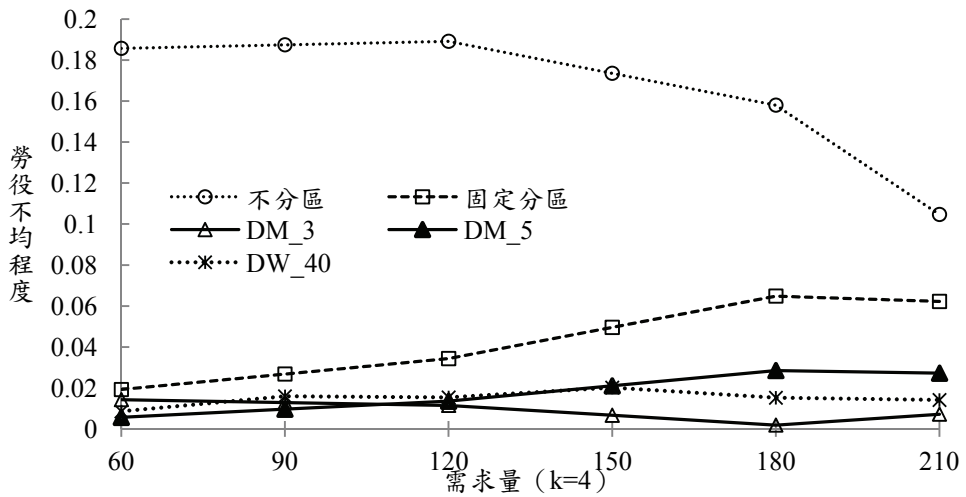


圖 A. 55 勞役不均程度(k = 4)

A. 12 70%群聚分佈且單尖峰時段\二位運務員

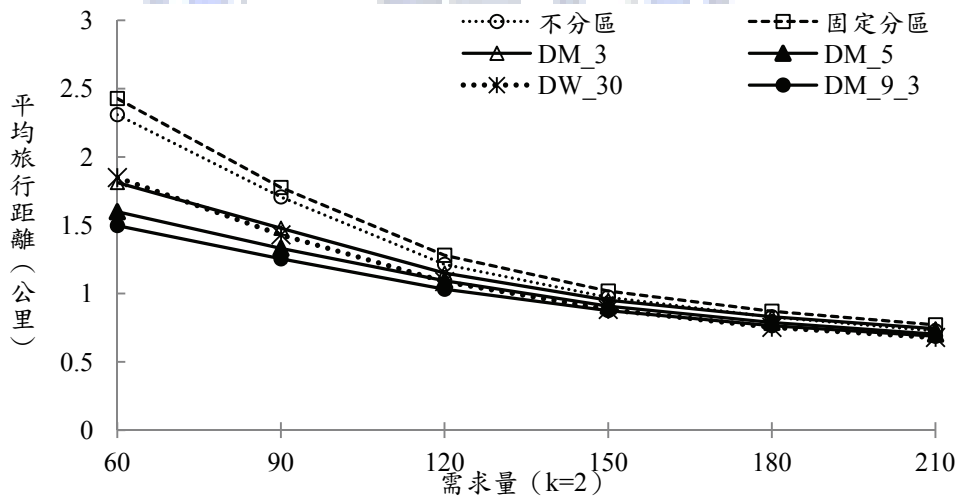


圖 A. 56 平均旅行距離(k = 2)

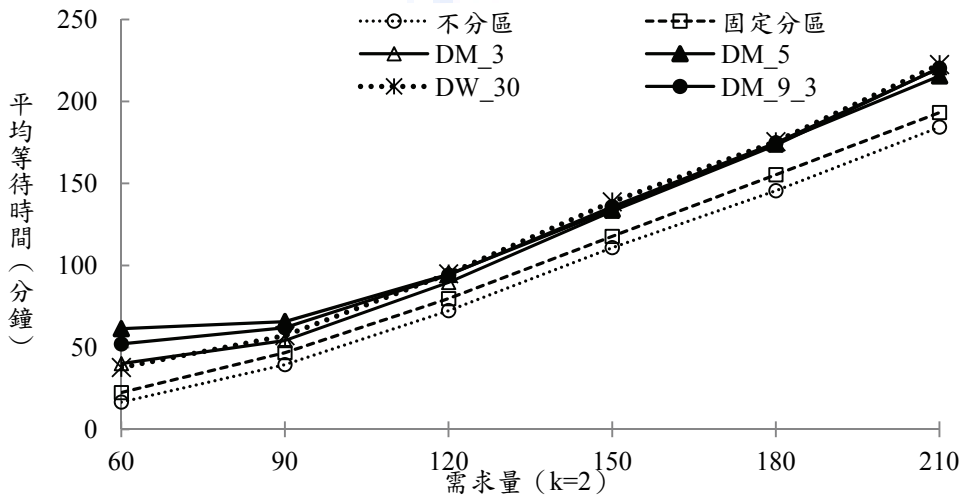


圖 A. 57 平均等待時間(k = 2)

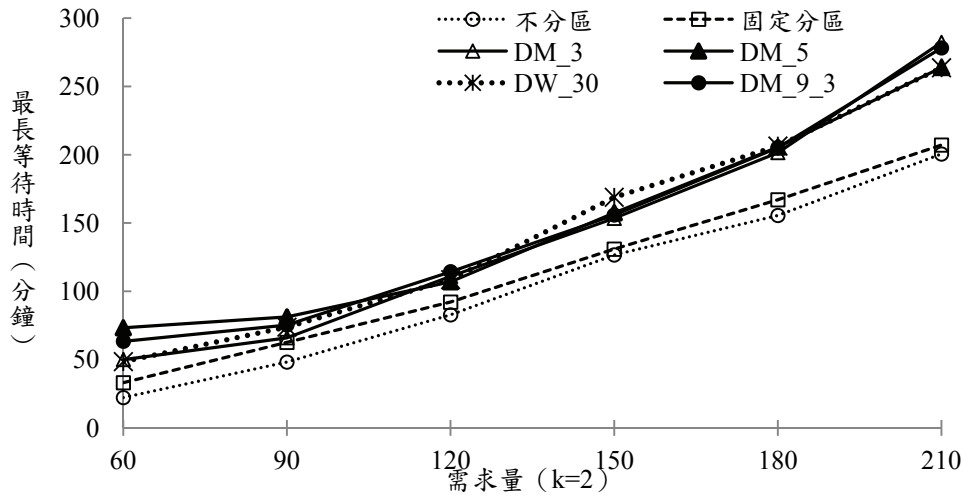


圖 A. 58 最長等待時間(k = 2)

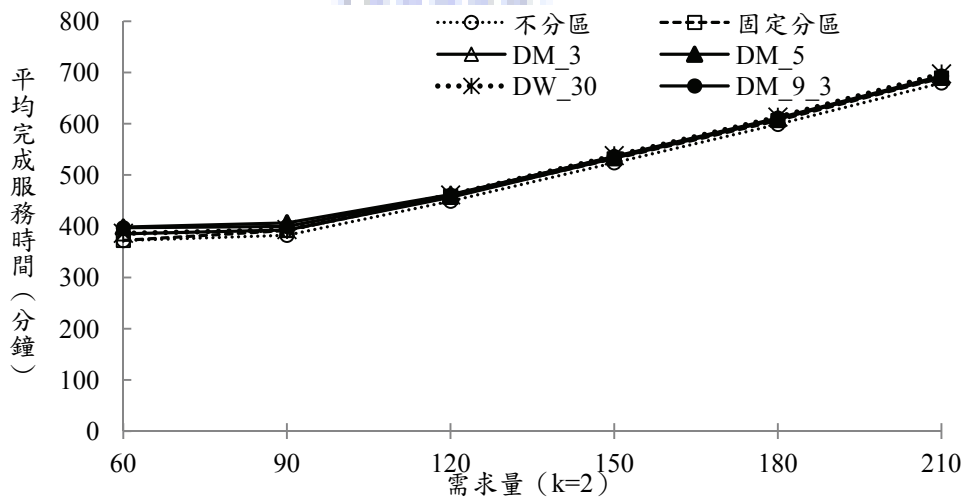


圖 A. 59 平均完成服務時間(k = 2)

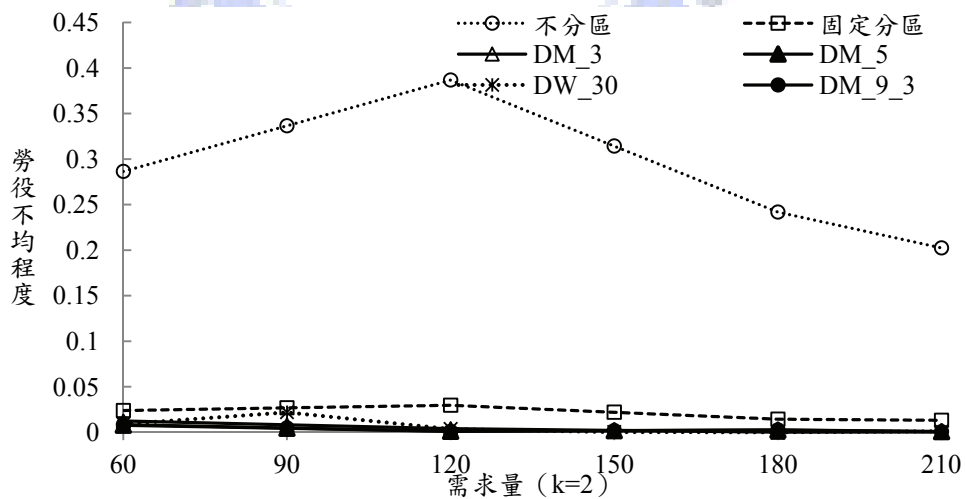


圖 A. 60 勞役不均程度(k = 2)

A. 13 70%群聚分佈且單尖峰時段\三位運務員

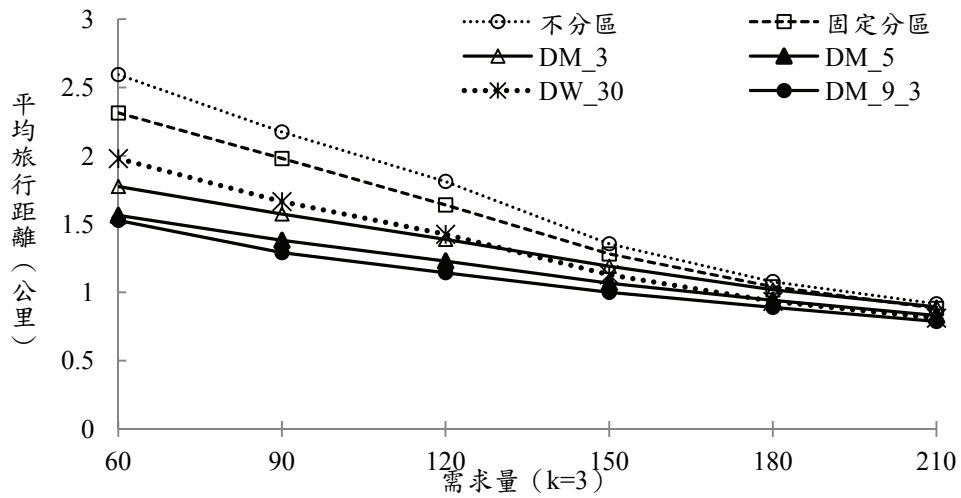


圖 A. 61 平均旅行距離(k=3)

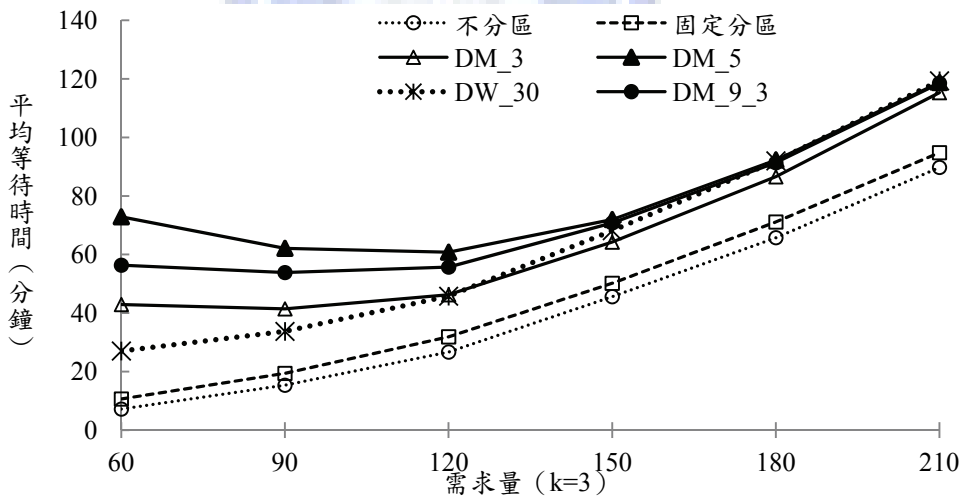


圖 A. 62 平均等待時間(k=3)

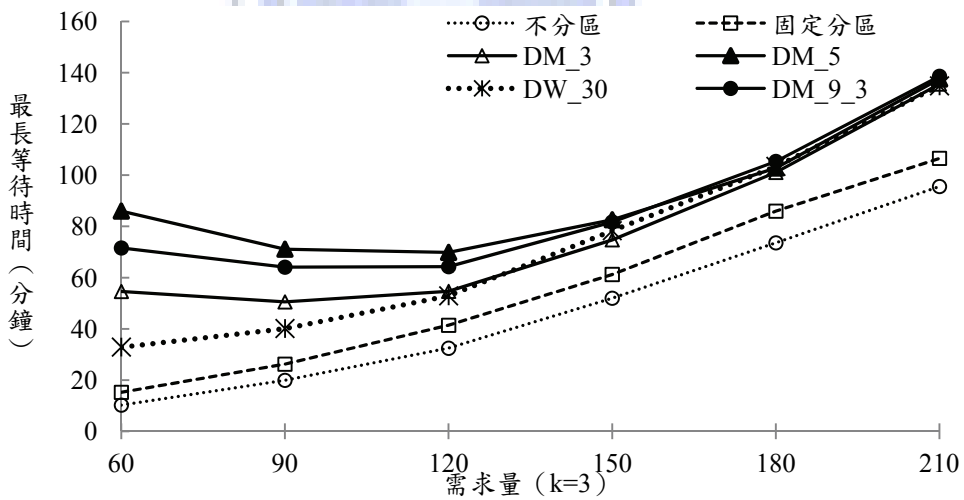


圖 A. 63 最長等待時間(k=3)

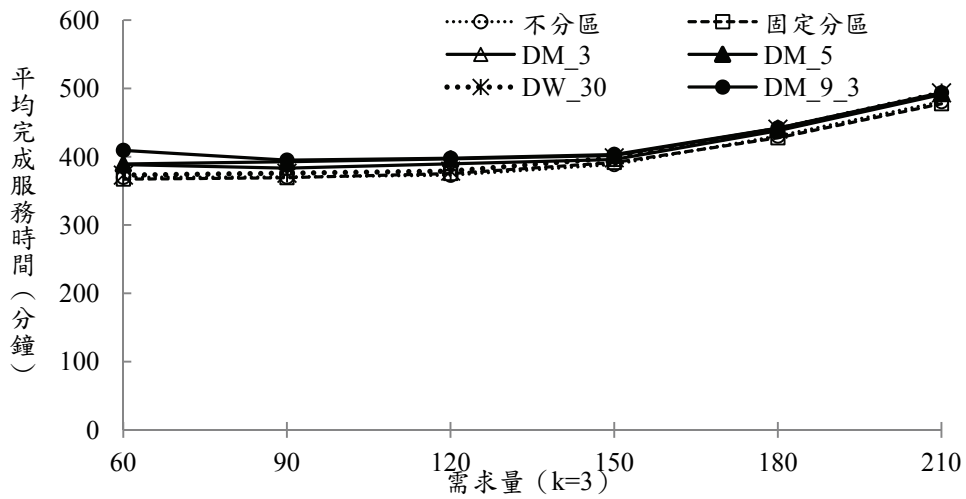


圖 A. 64 平均完成服務時間(k=3)

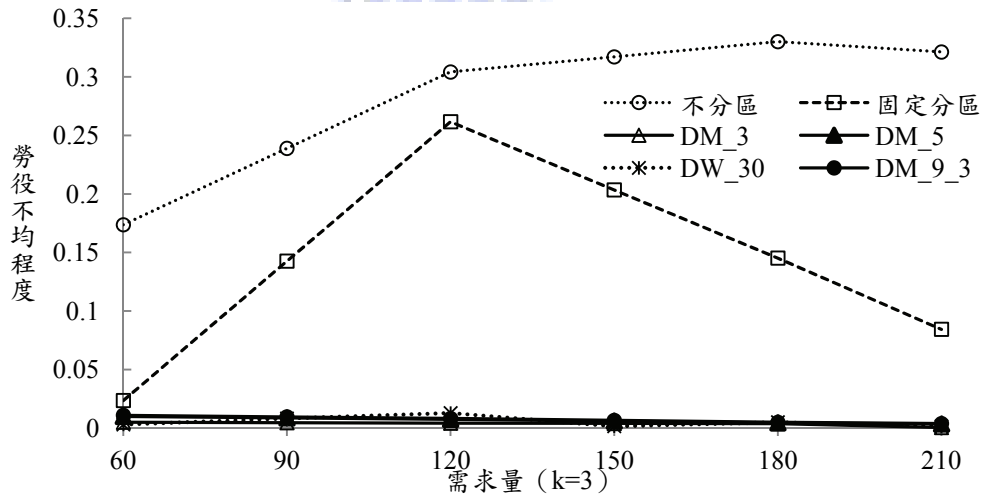


圖 A. 65 勞役不均程度(k=3)

A. 14 70%群聚分佈且單尖峰時段\四位運務員

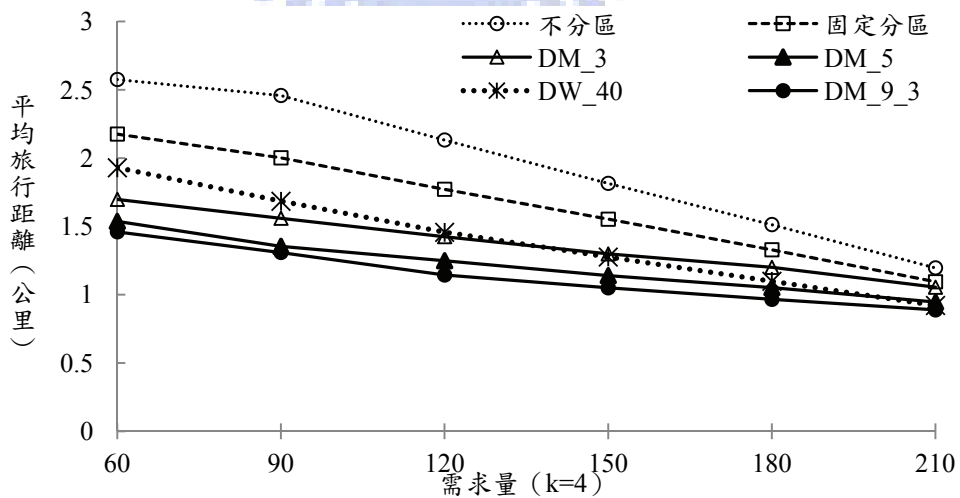


圖 A. 66 平均旅行距離(k=4)

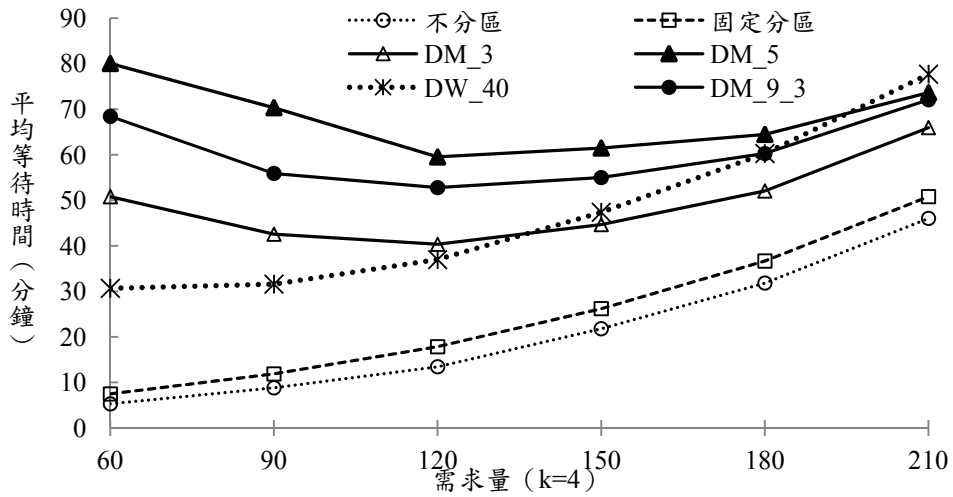


圖 A. 67 平均等待時間(k=4)

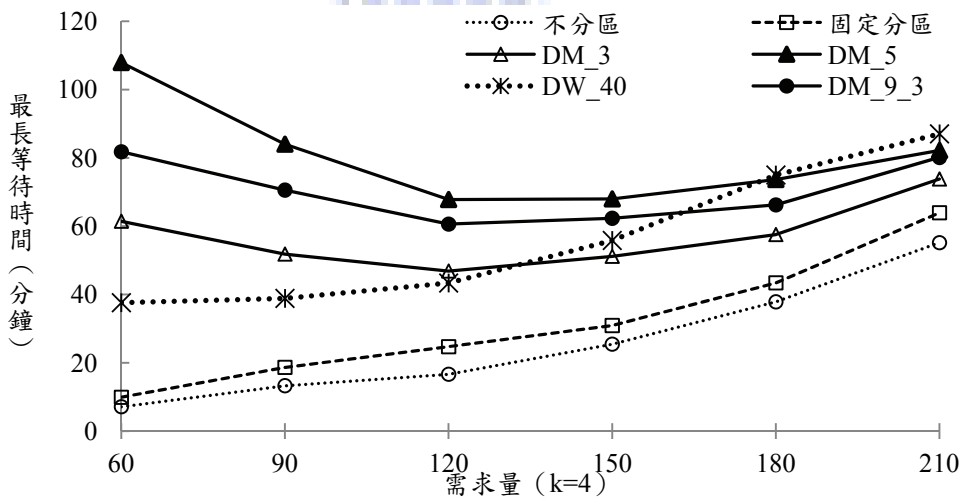


圖 A. 68 最長等待時間(k=4)

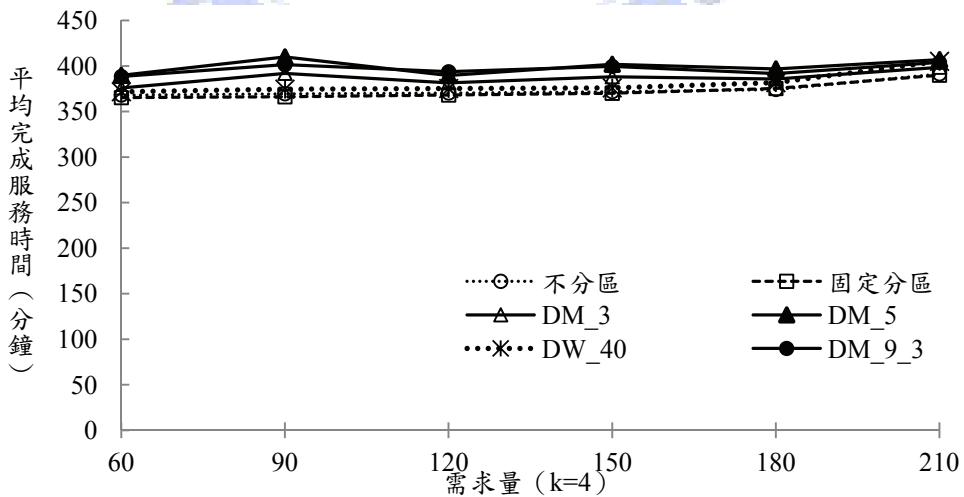


圖 A. 69 平均完成服務時間(k=4)

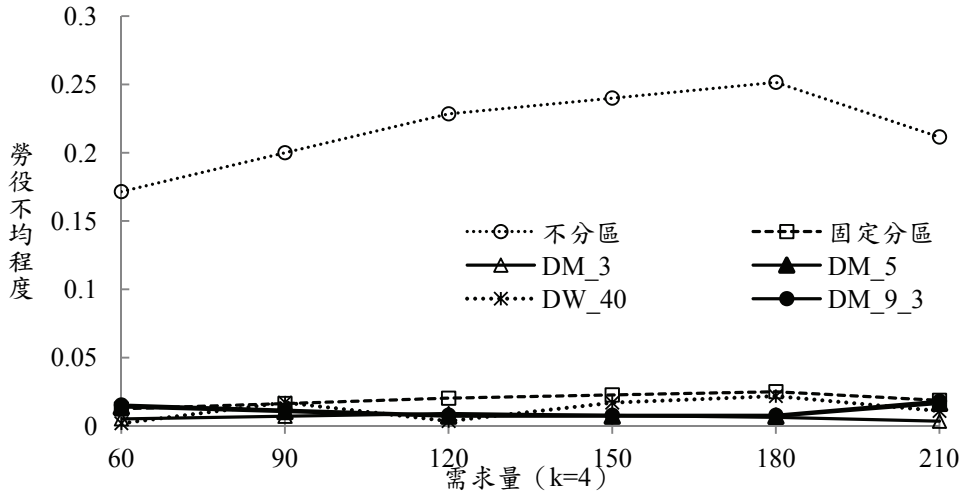


圖 A. 70 勞役不均程度(k = 4)

A. 15 70%群聚分佈且雙尖峰時段\二位運務員

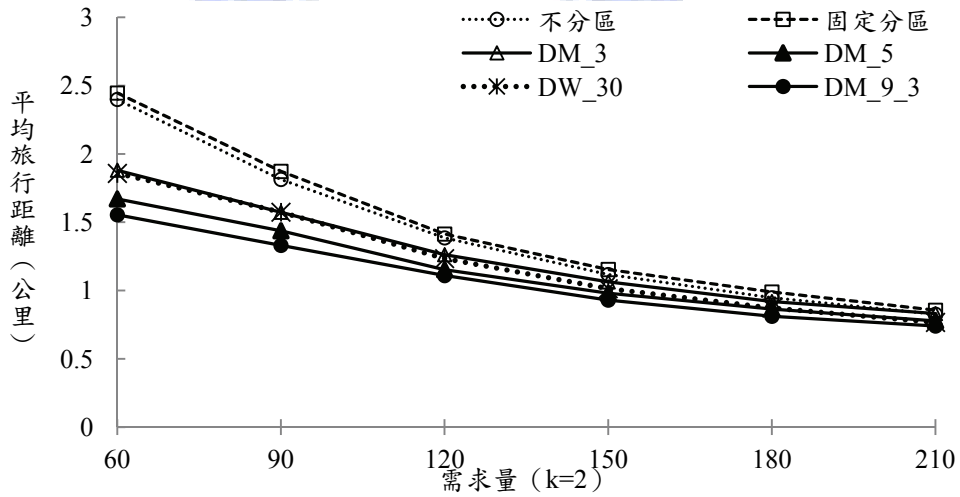


圖 A. 71 平均旅行距離(k = 2)

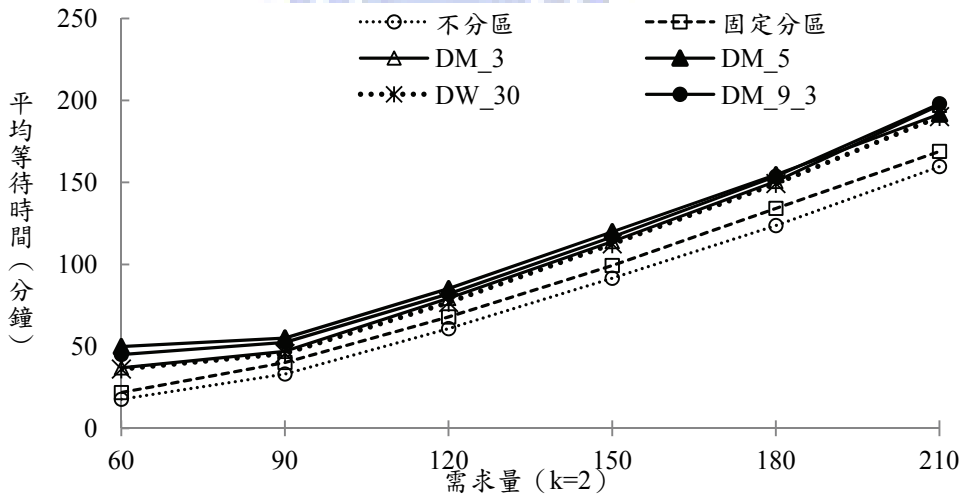


圖 A. 72 平均等待時間(k = 2)

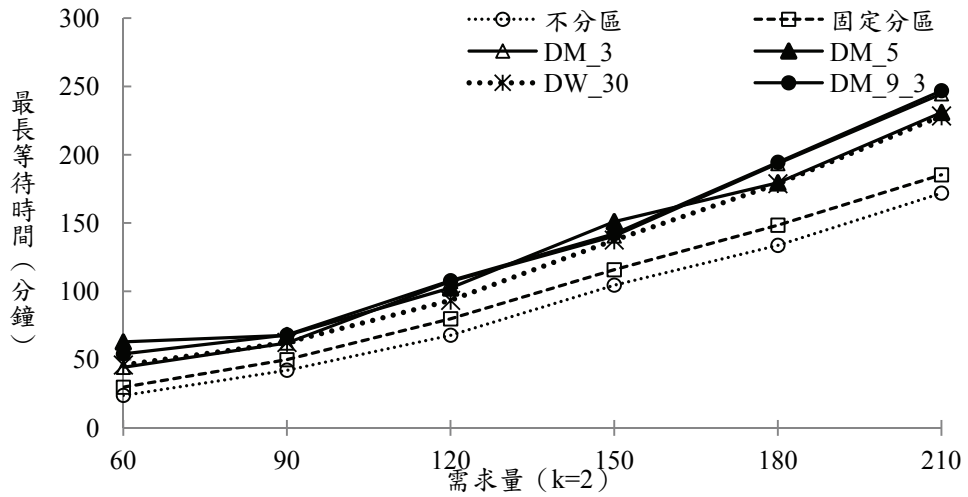


圖 A. 73 最長等待時間(k=2)

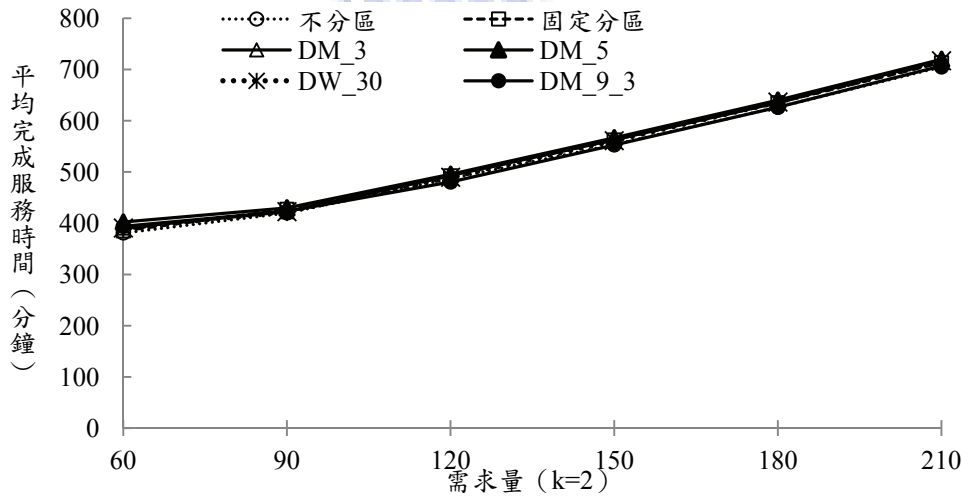


圖 A. 74 平均完成服務時間(k=2)

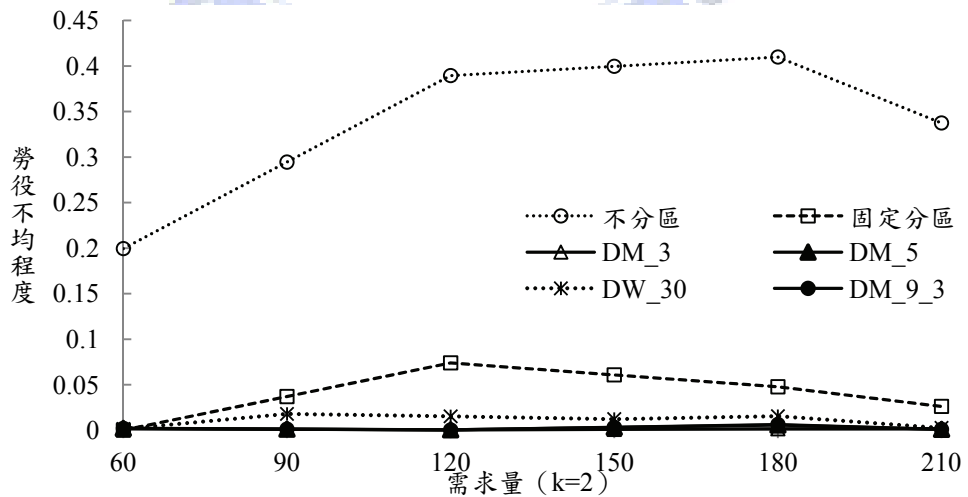


圖 A. 75 勞役不均程度(k=2)

A. 16 70%群聚分佈且雙尖峰時段\三位運務員

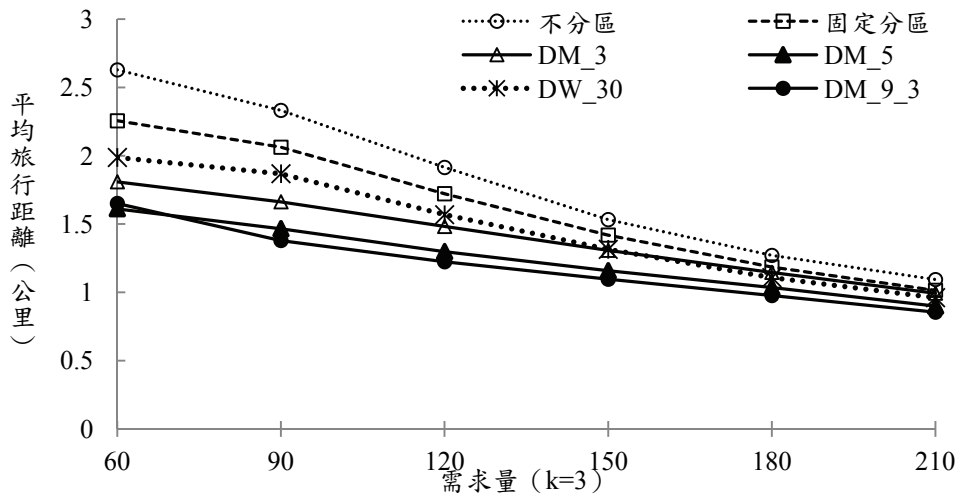


圖 A. 76 平均旅行距離(k=3)

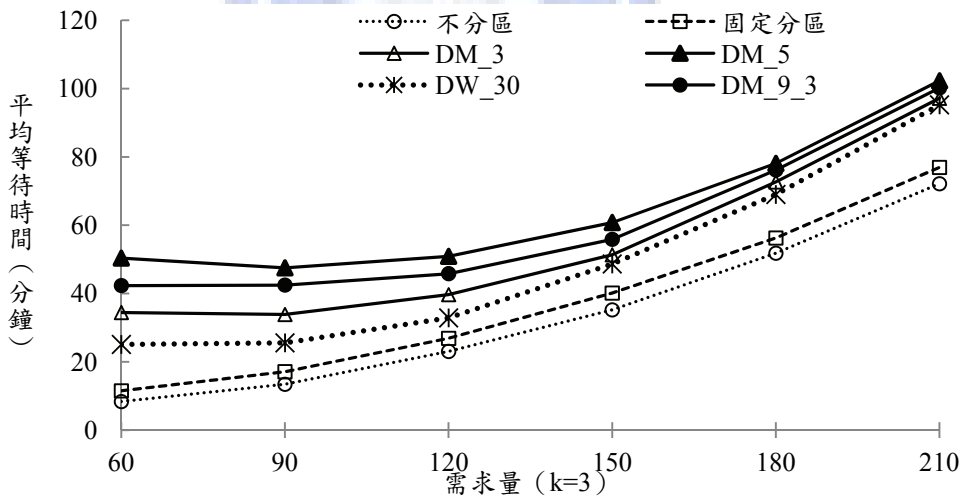


圖 A. 77 平均等待時間(k=3)

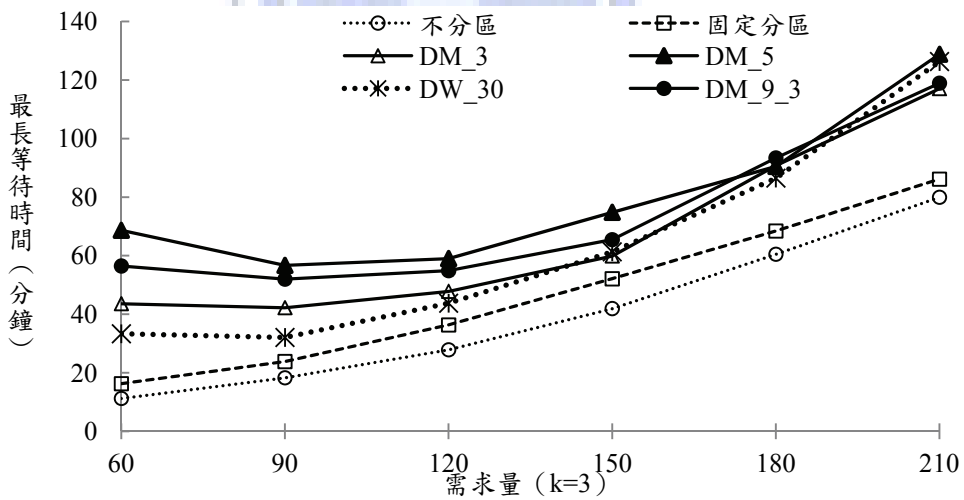


圖 A. 78 最長等待時間(k=3)

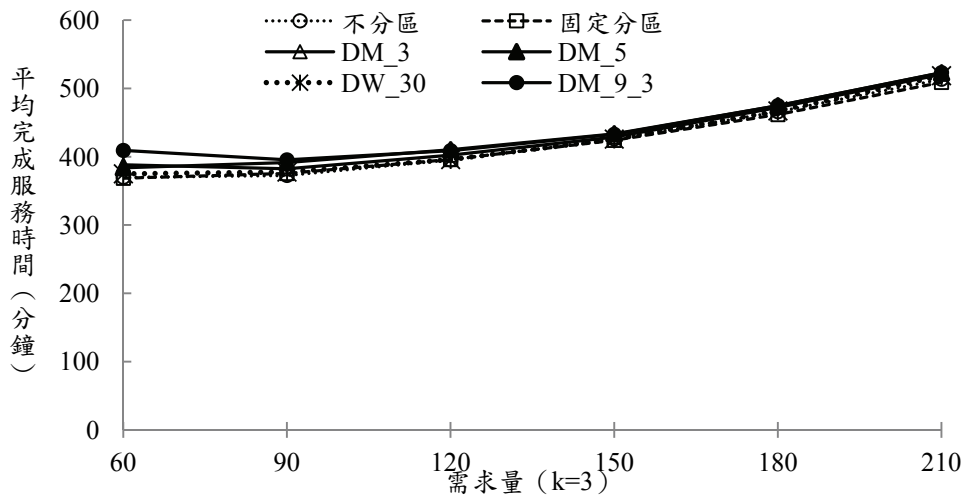


圖 A. 79 平均完成服務時間(k=3)

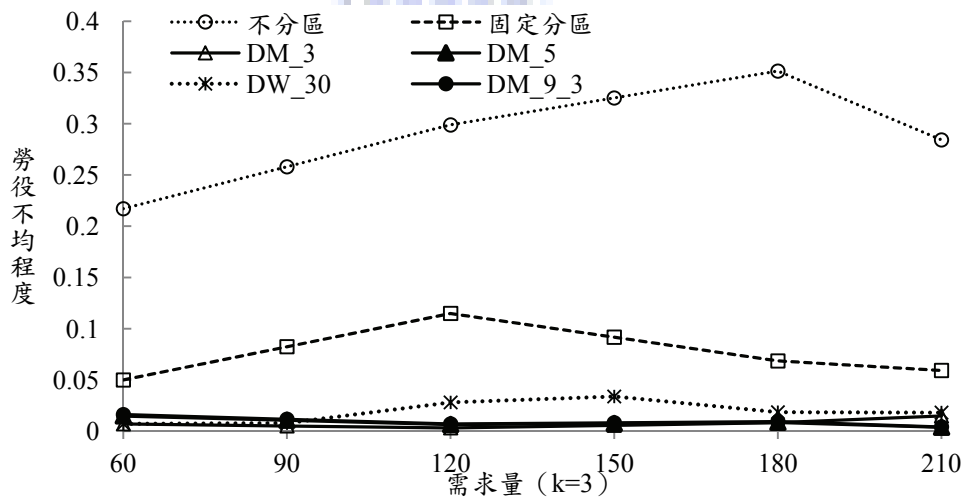


圖 A. 80 勞役不均程度(k=3)

A. 17 70%群聚分佈且雙尖峰時段\四位運務員

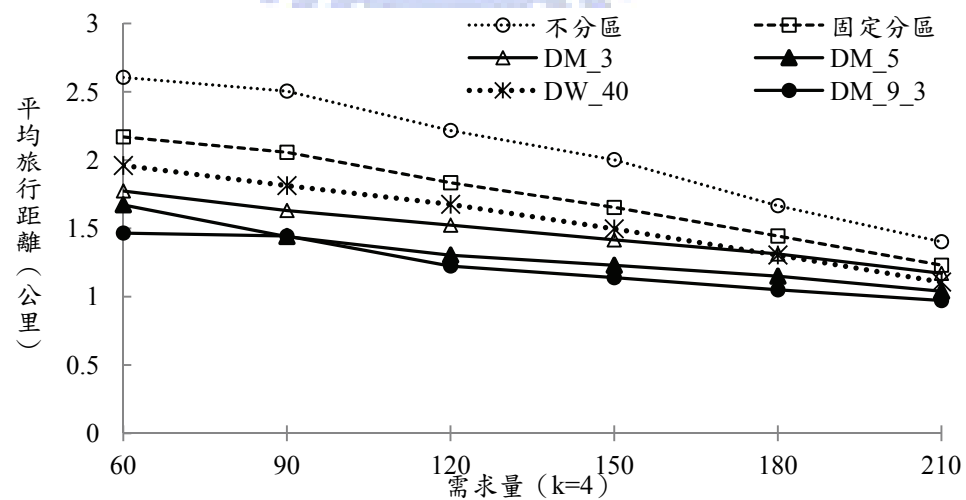


圖 A. 81 平均旅行距離(k=4)

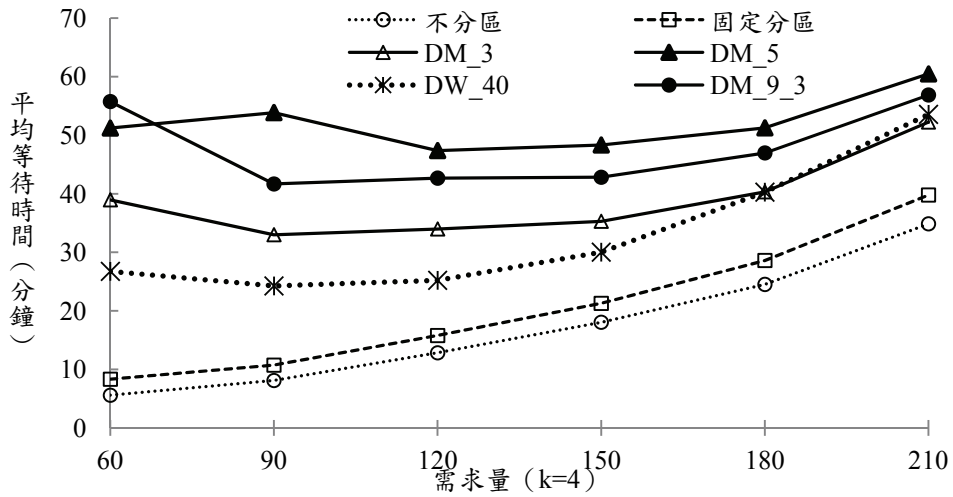


圖 A. 82 平均等待時間(k=4)

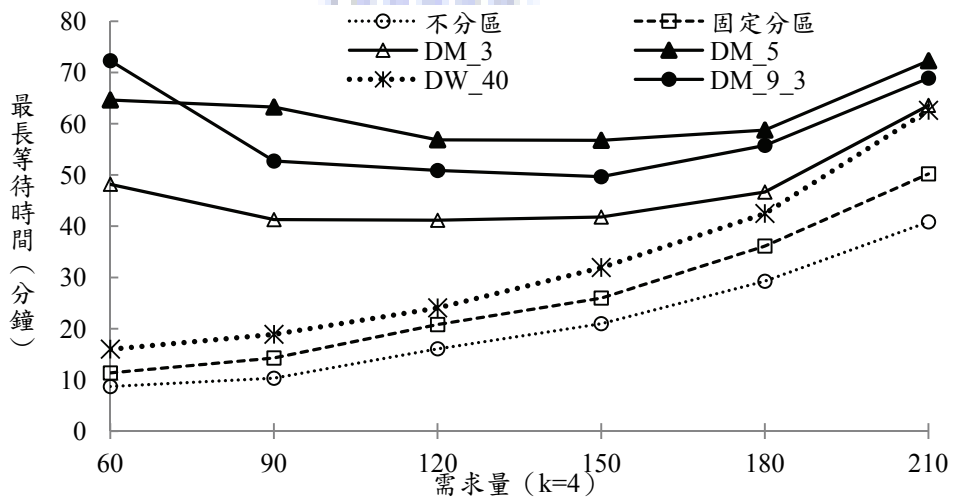


圖 A. 83 最長等待時間(k=4)

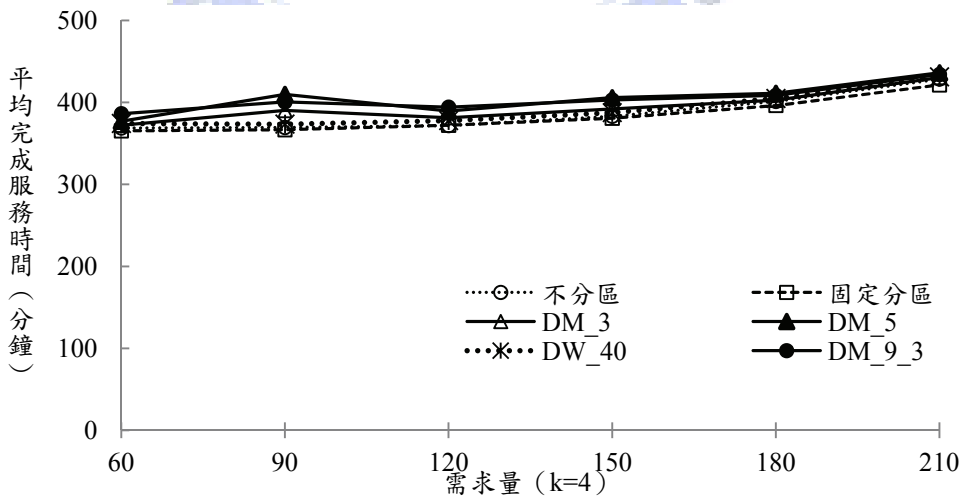


圖 A. 84 平均完成服務時間(k=4)

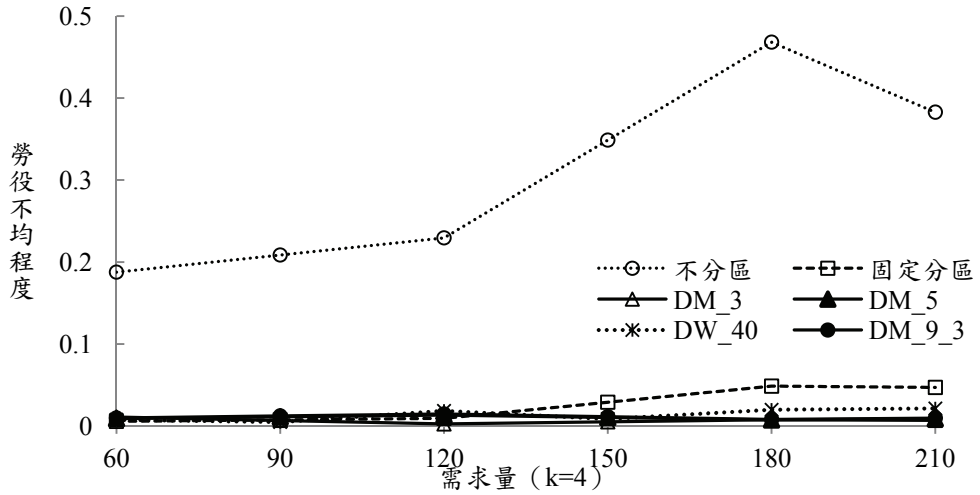


圖 A. 85 勞役不均程度(k = 4)

A. 18 80%群聚分佈且無尖峰時段\二位運務員

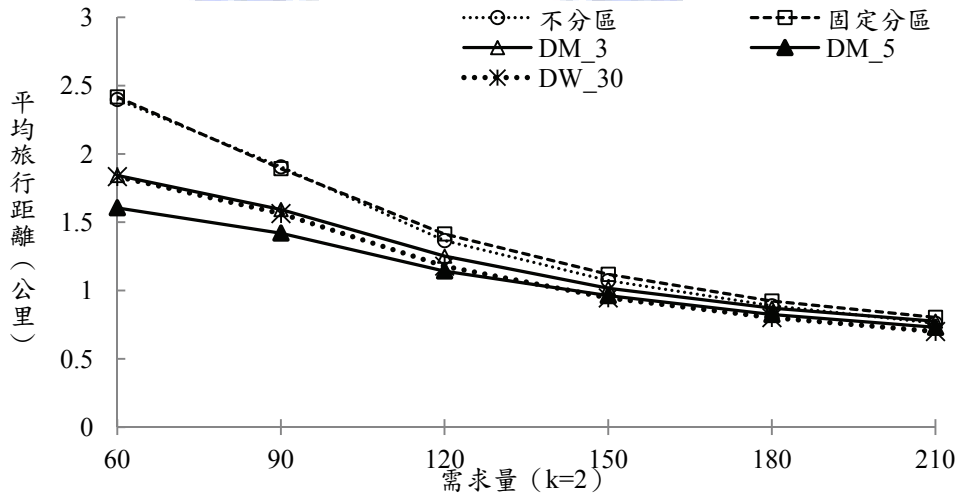


圖 A. 86 平均旅行距離(k = 2)

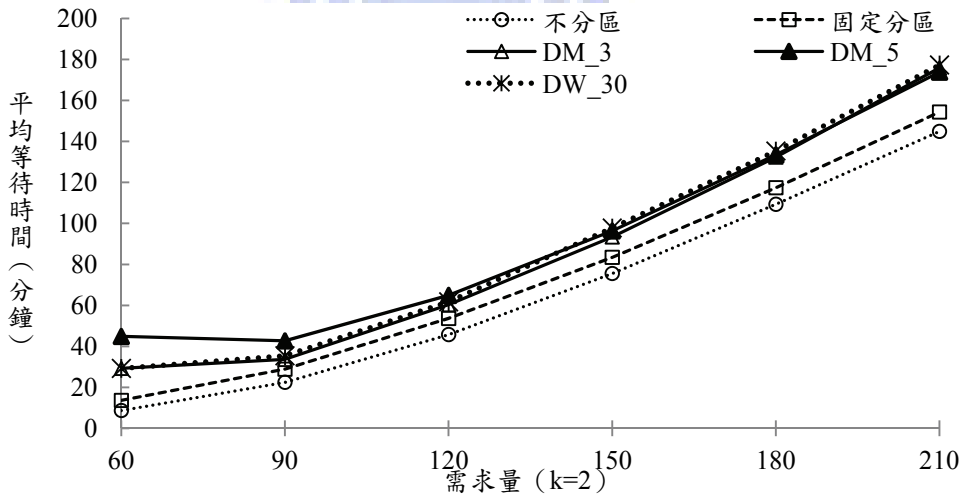


圖 A. 87 平均等待時間(k = 2)

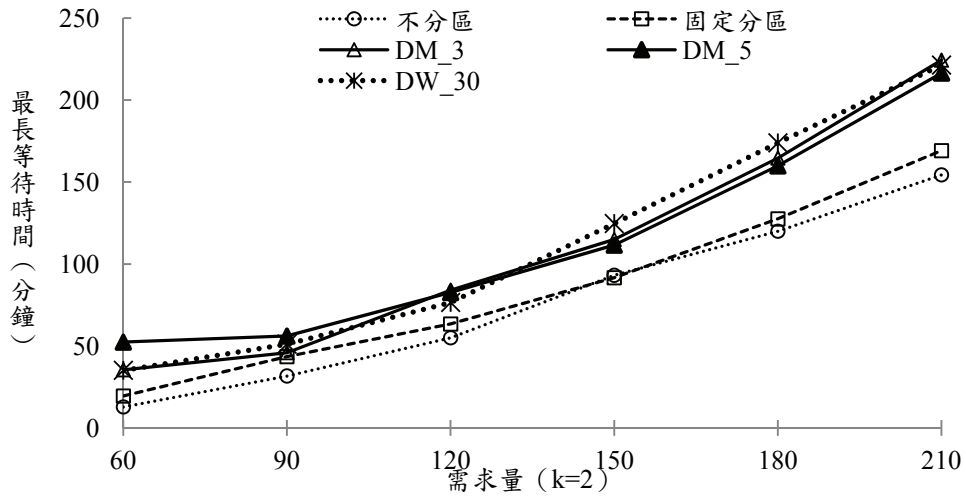


圖 A. 88 最長等待時間(k=2)

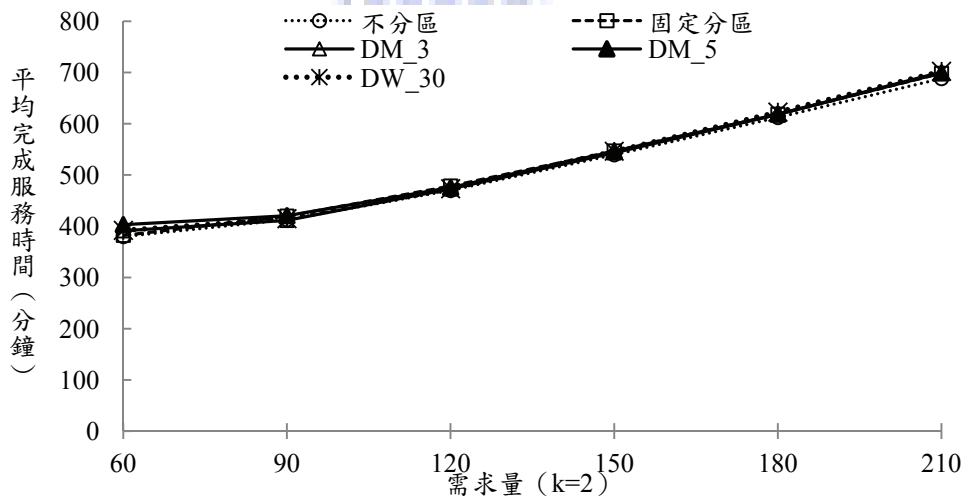


圖 A. 89 平均完成服務時間(k=2)

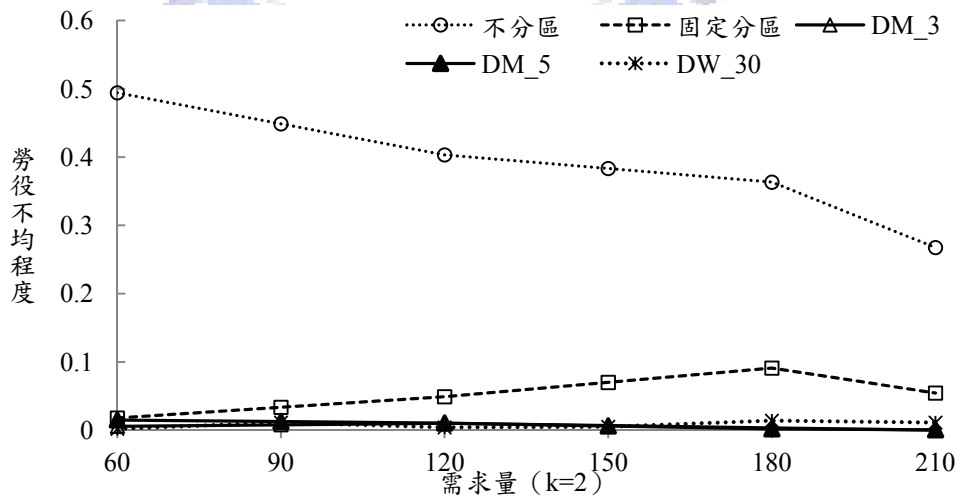


圖 A. 90 勞役不均程度(k=2)

A. 19 80%群聚分佈且無尖峰時段\三位運務員

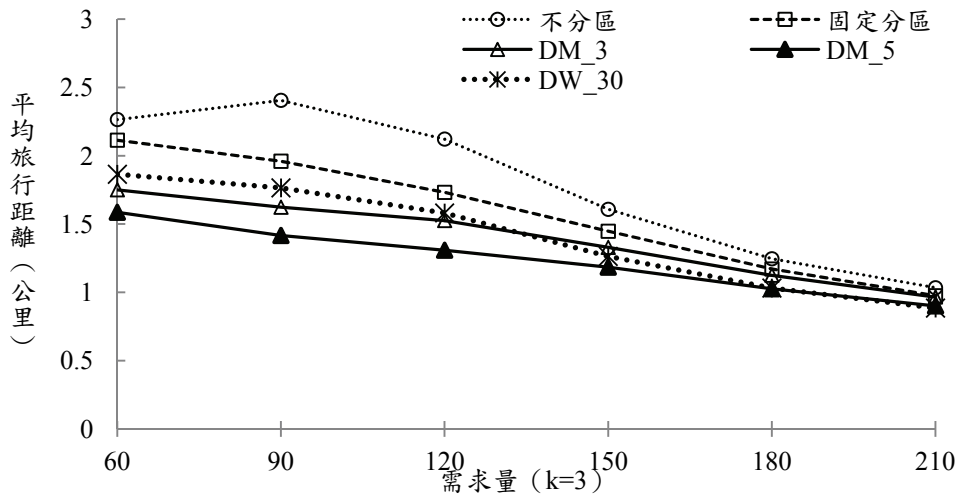


圖 A. 91 平均旅行距離(k=3)

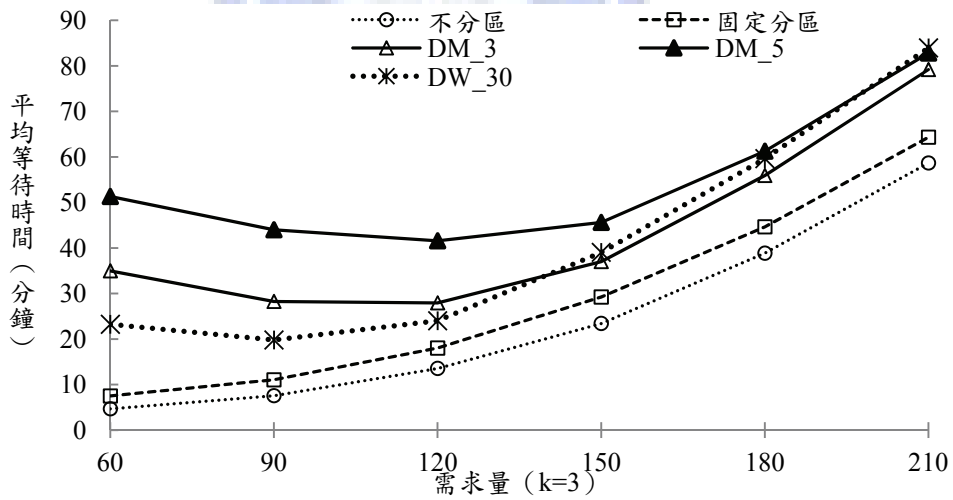


圖 A. 92 平均等待時間(k=3)

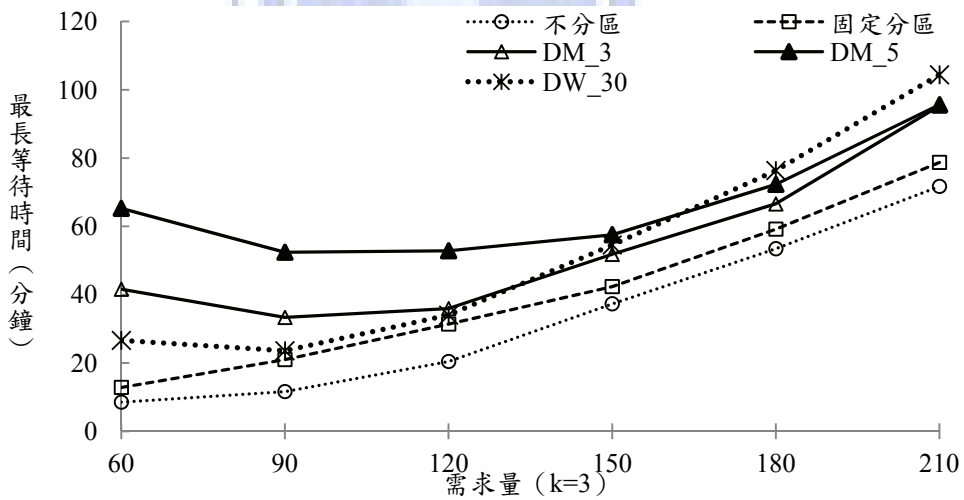


圖 A. 93 最長等待時間(k=3)

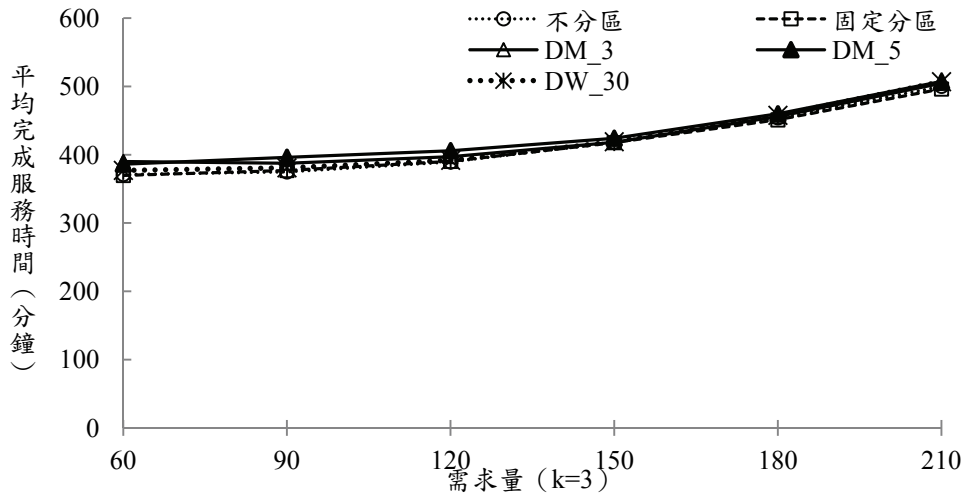


圖 A. 94 平均完成服務時間(k=3)

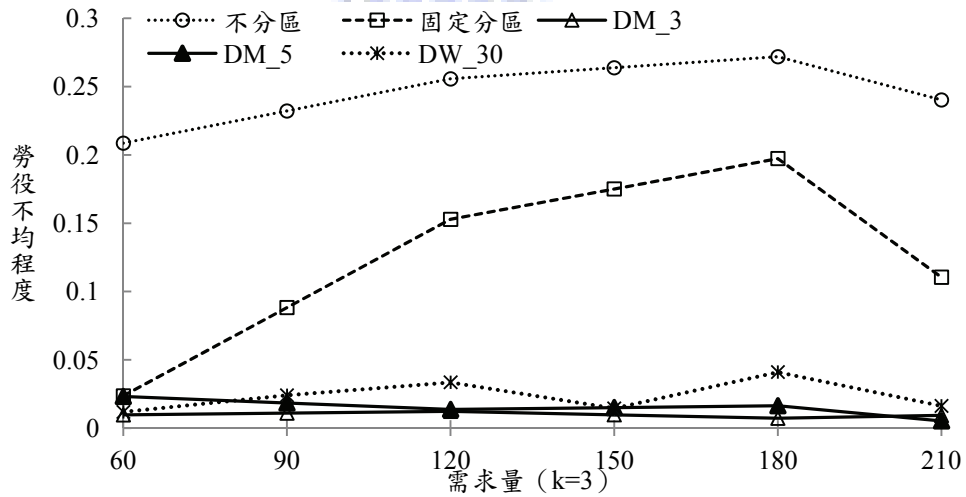


圖 A. 95 勞役不均程度(k=3)

A. 20 80%群聚分佈且無尖峰時段\四位運務員

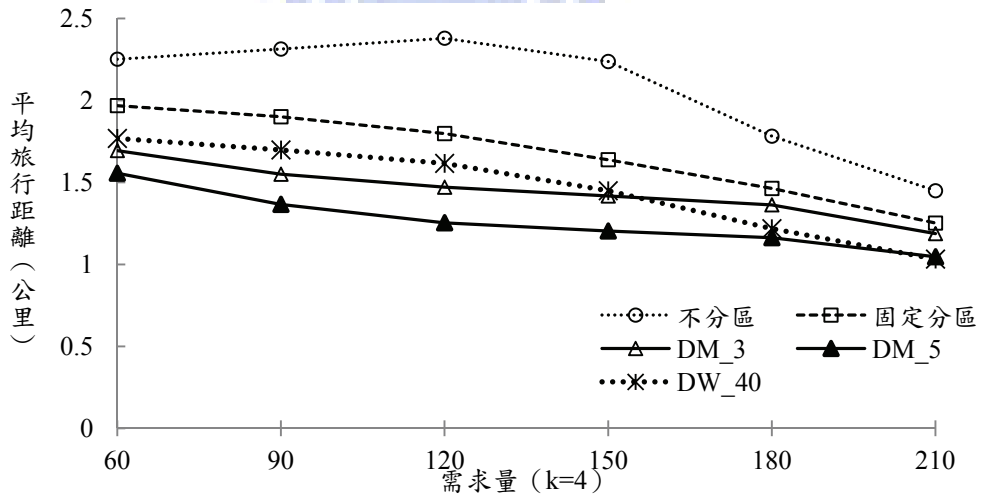


圖 A. 96 平均旅行距離(k=4)

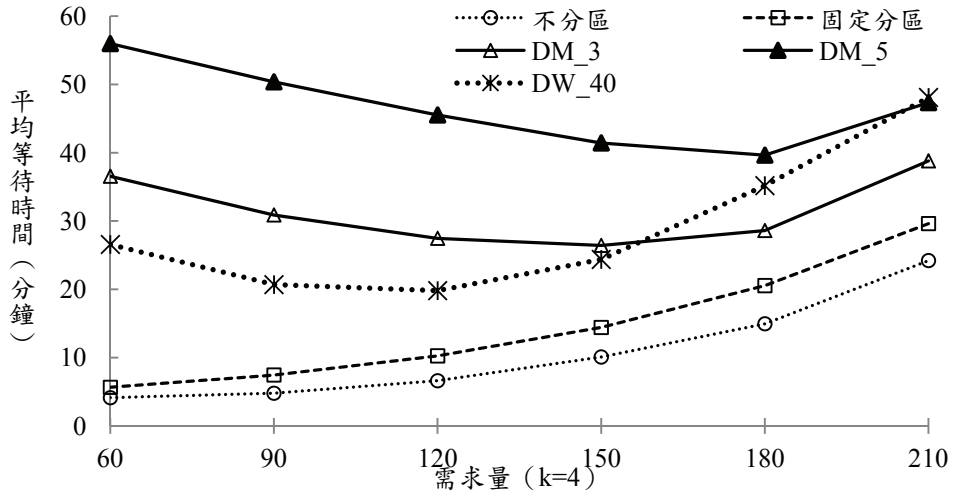


圖 A. 97 平均等待時間(k = 4)

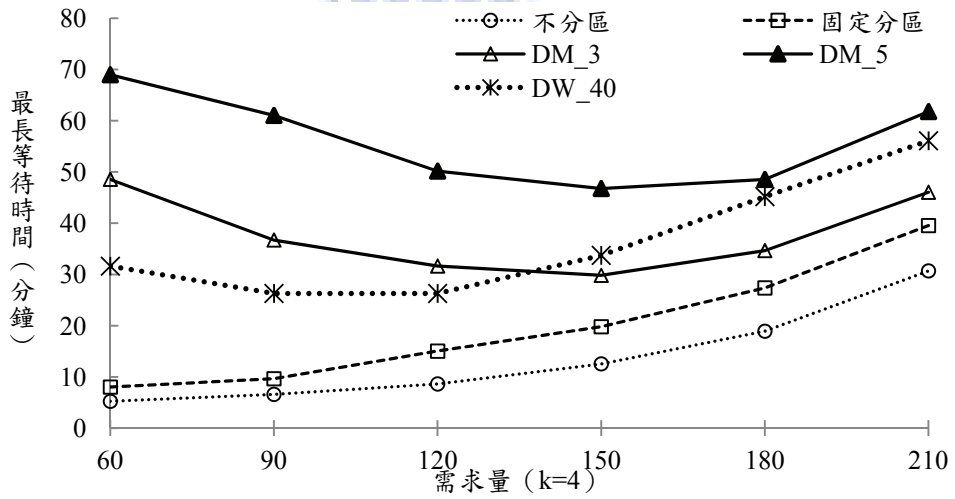


圖 A. 98 最長等待時間(k = 4)

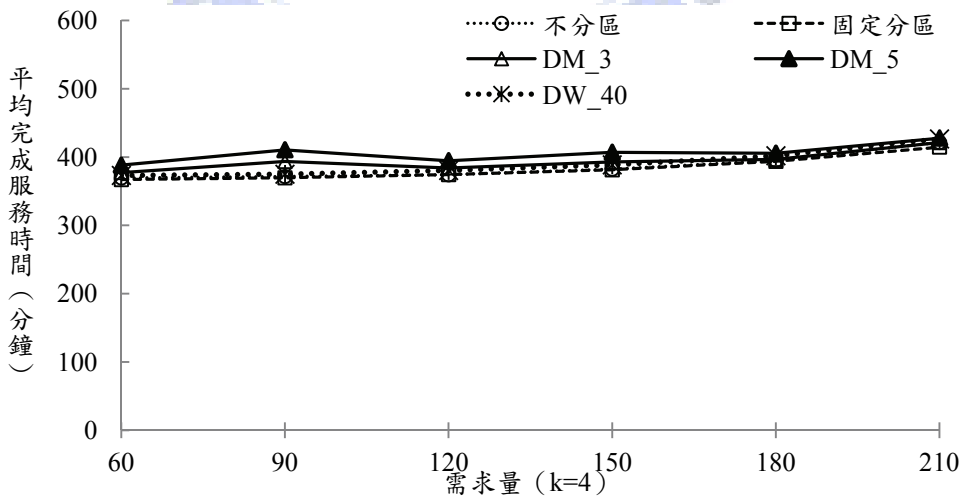


圖 A. 99 平均完成服務時間(k = 4)

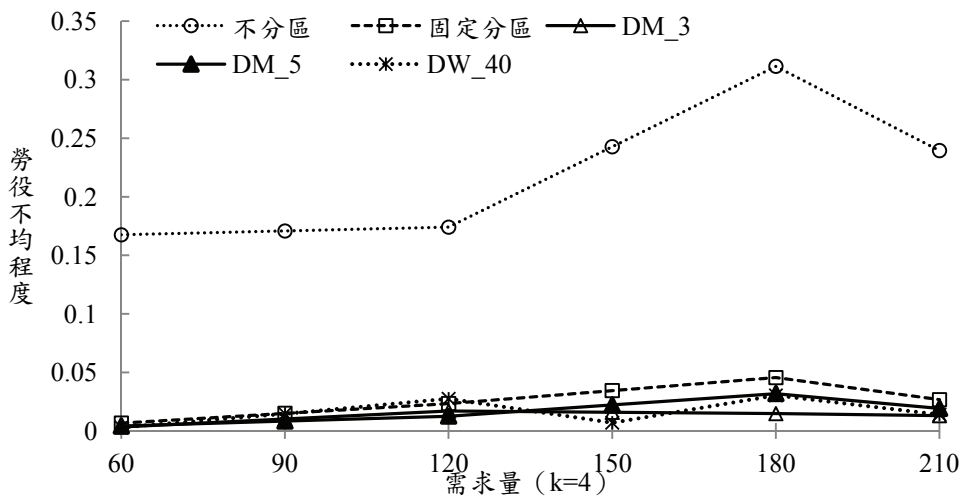


圖 A. 100 勞役不均程度(k = 4)

A. 21 80%群聚分佈且單尖峰時段\二位運務員

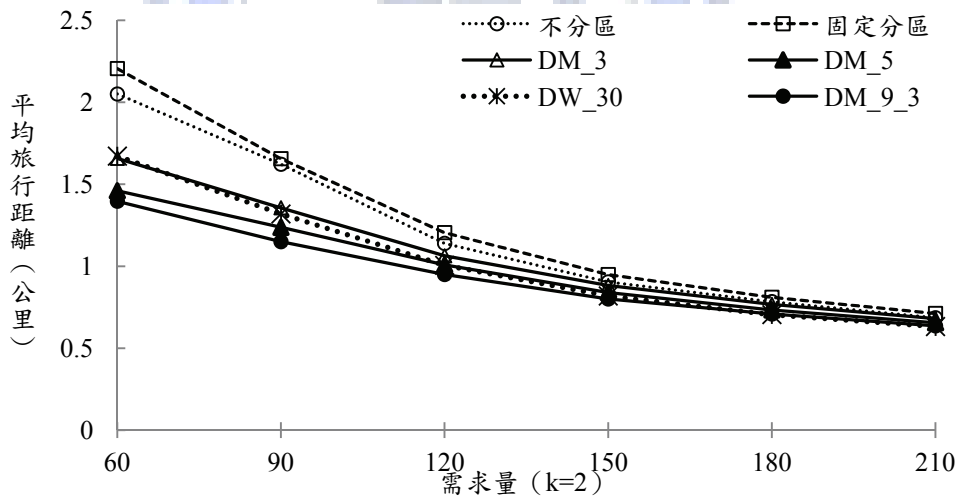


圖 A. 101 平均旅行距離(k = 2)

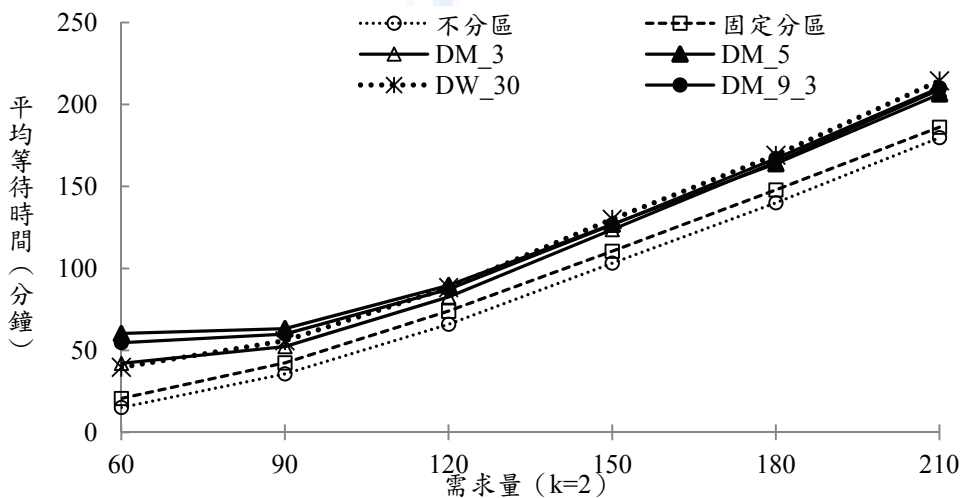


圖 A. 102 平均等待時間(k = 2)

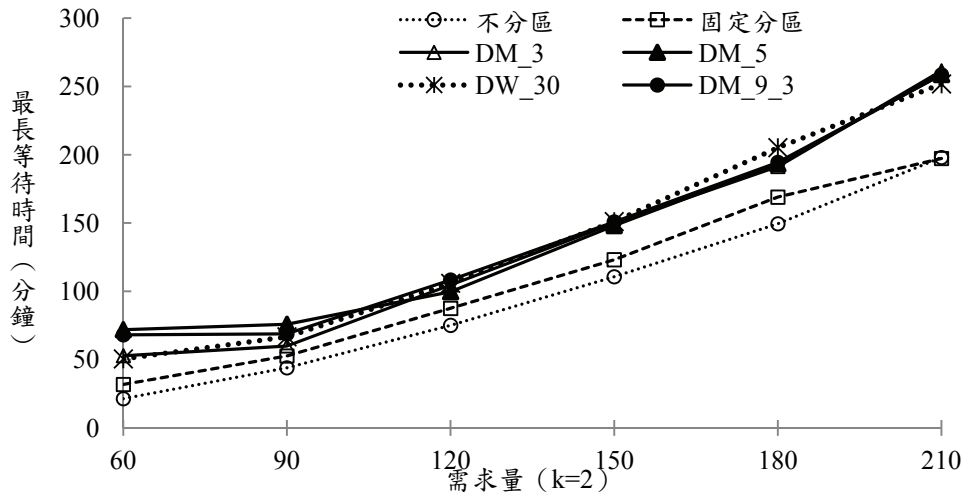


圖 A. 103 最長等待時間(k=2)

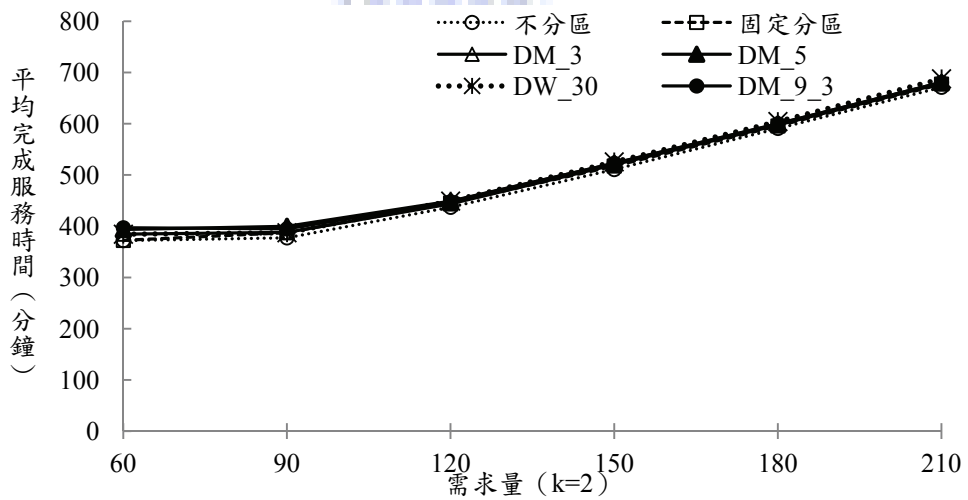


圖 A. 104 平均完成服務時間(k=2)

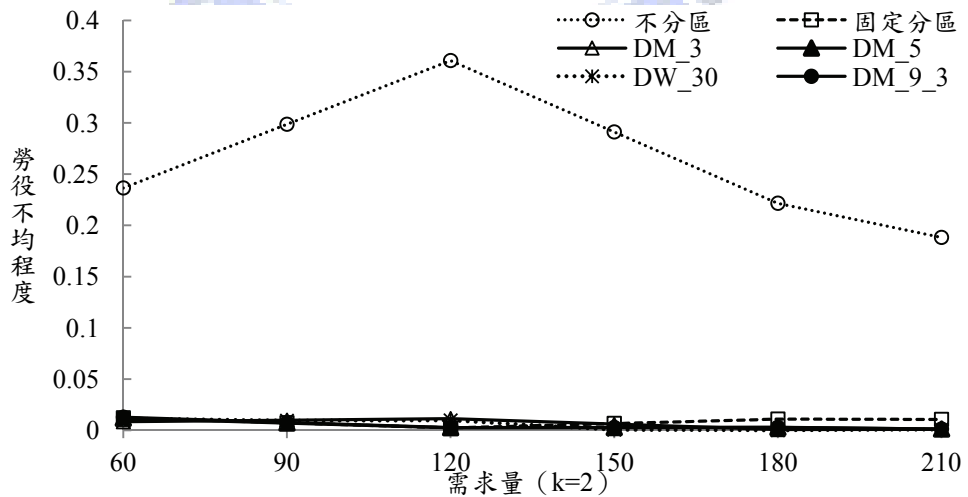


圖 A. 105 勞役不均程度(k=2)

A. 22 80%群聚分佈且單尖峰時段\三位運務員

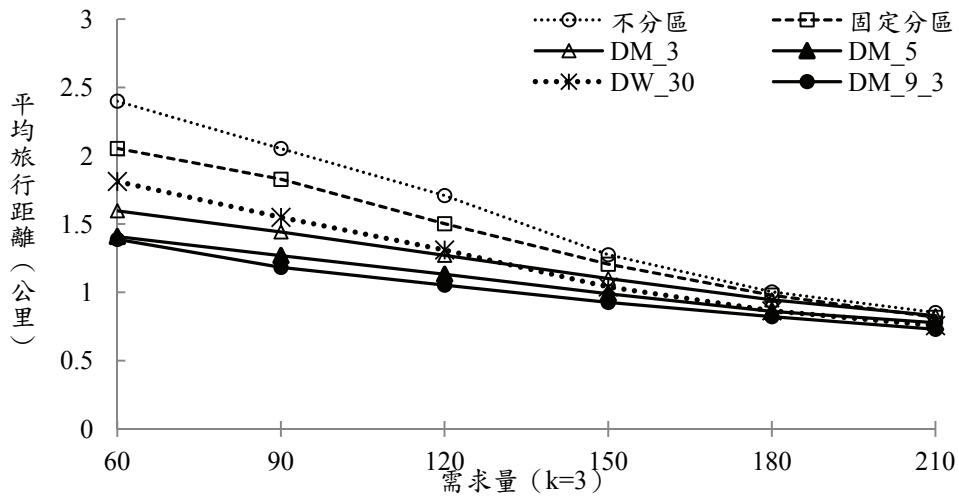


圖 A. 106 平均旅行距離(k=3)

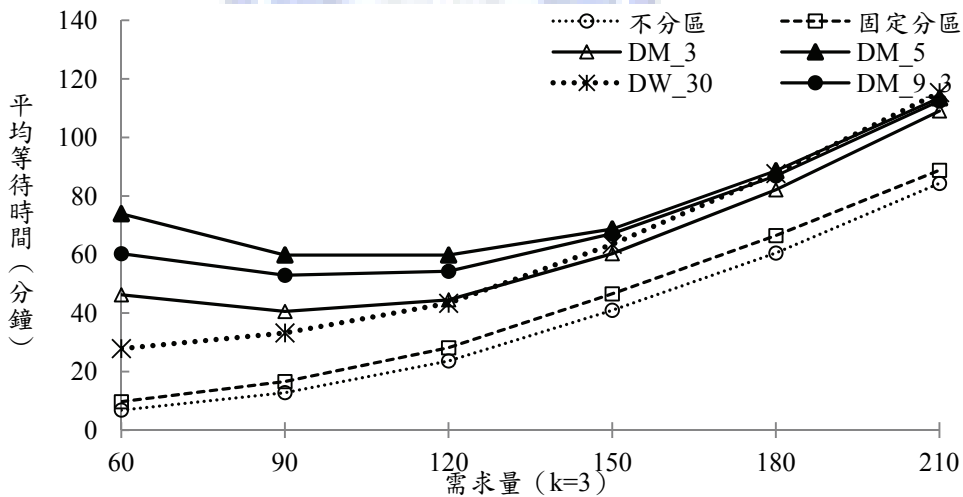


圖 A. 107 平均等待時間(k=3)

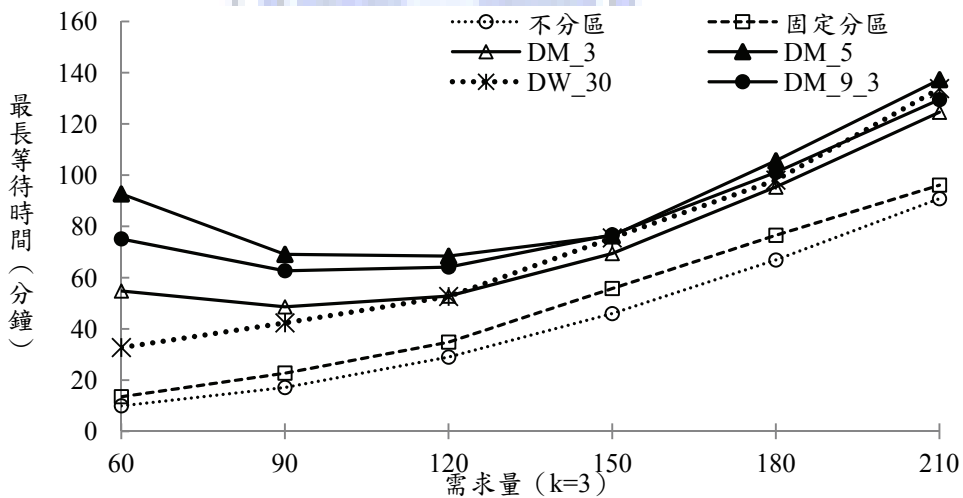


圖 A. 108 最長等待時間(k=3)

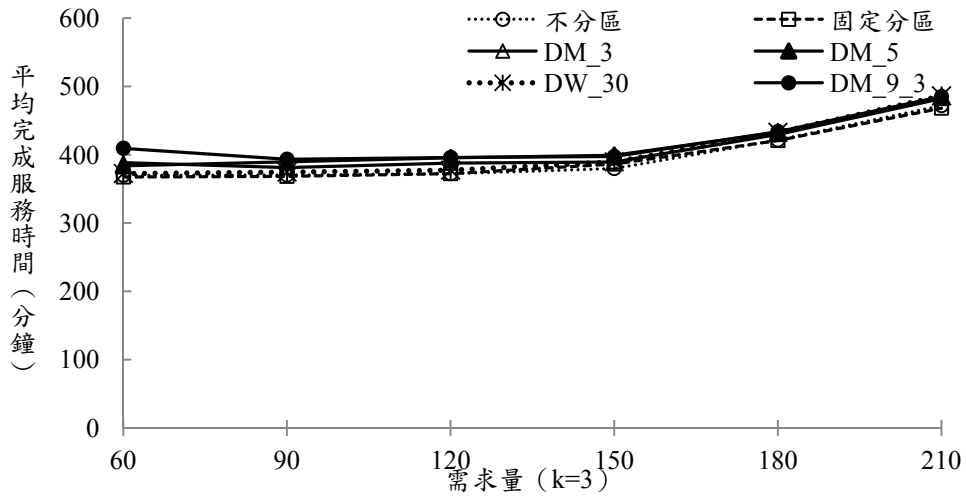


圖 A. 109 平均完成服務時間(k = 3)

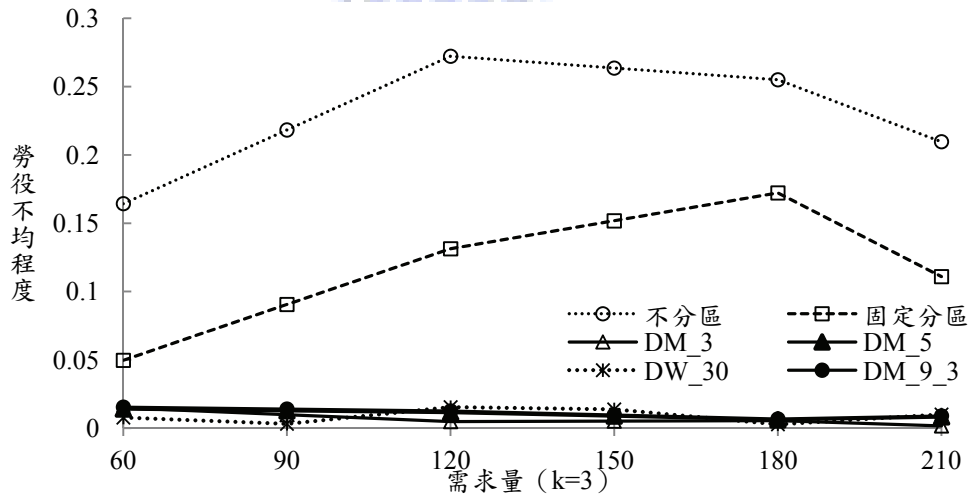


圖 A. 110 勞役不均程度(k = 3)

A. 23 80%群聚分佈且單尖峰時段\四位運務員

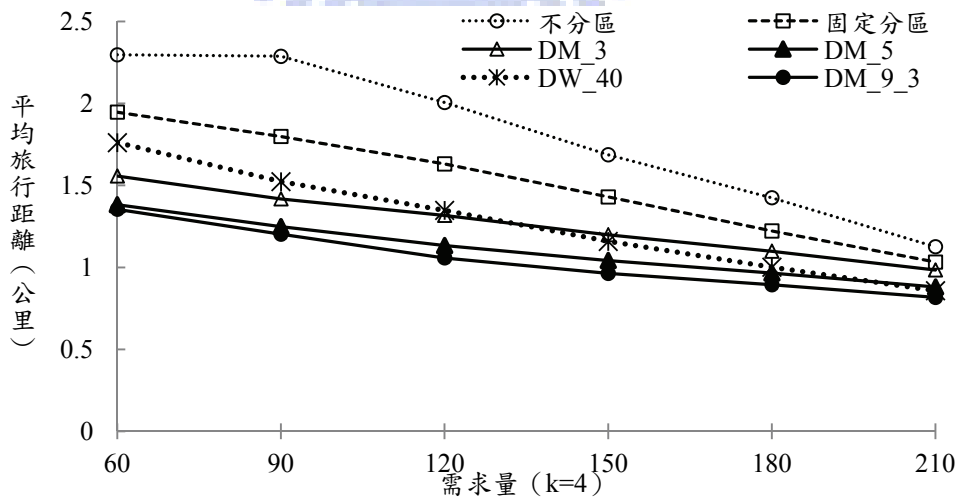


圖 A. 111 平均旅行距離(k = 4)

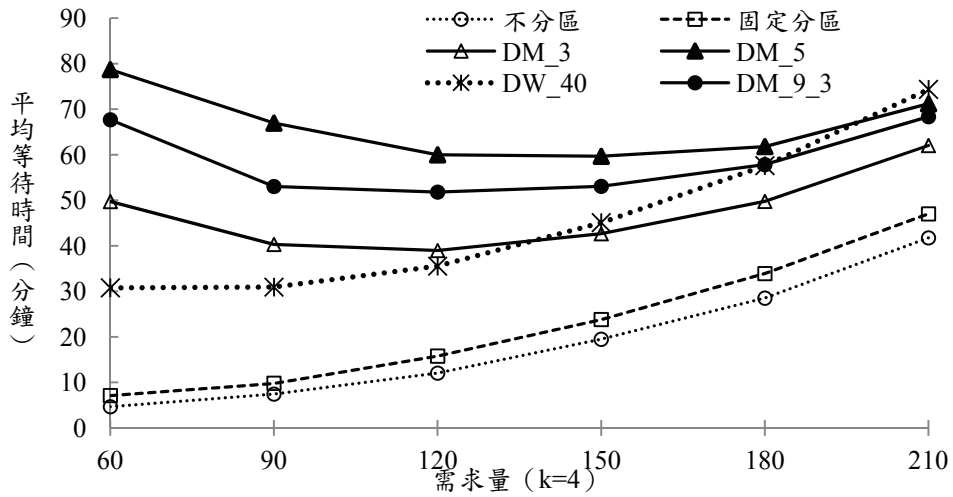


圖 A. 112 平均等待時間(k=4)

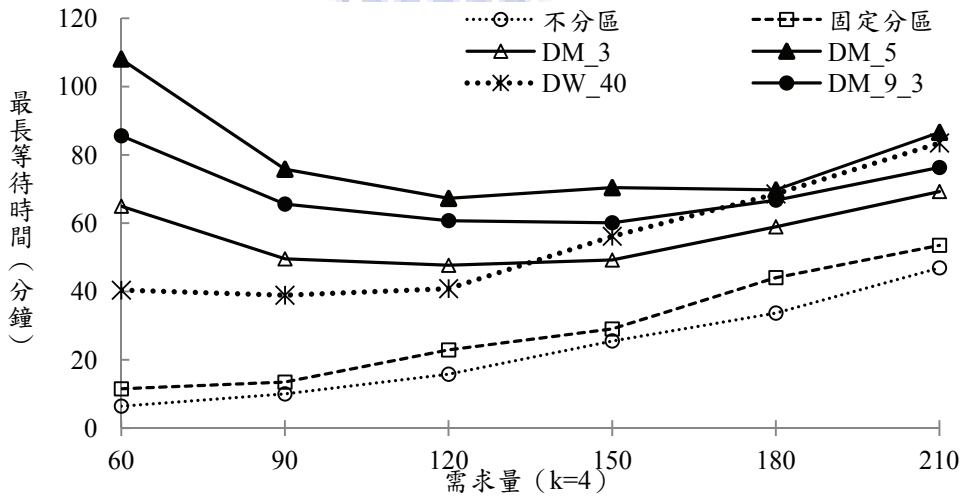


圖 A. 113 最長等待時間(k=4)

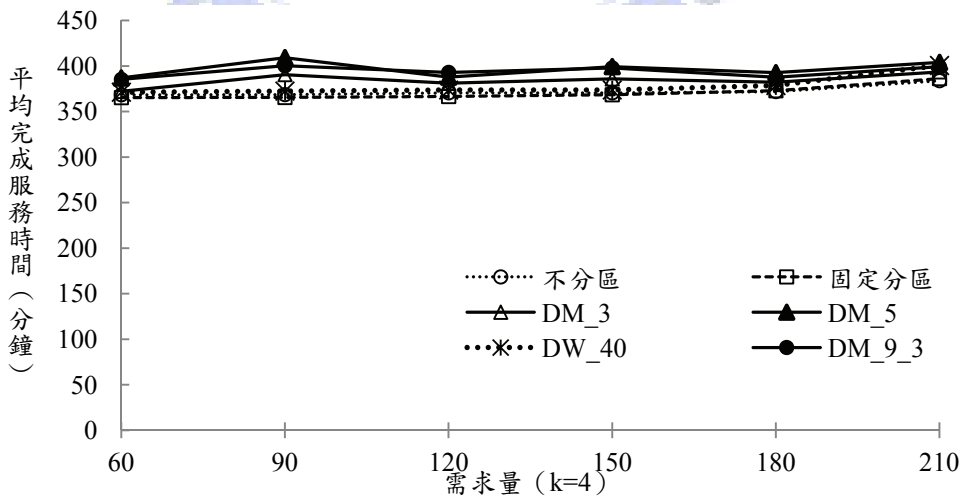


圖 A. 114 平均完成服務時間(k=4)

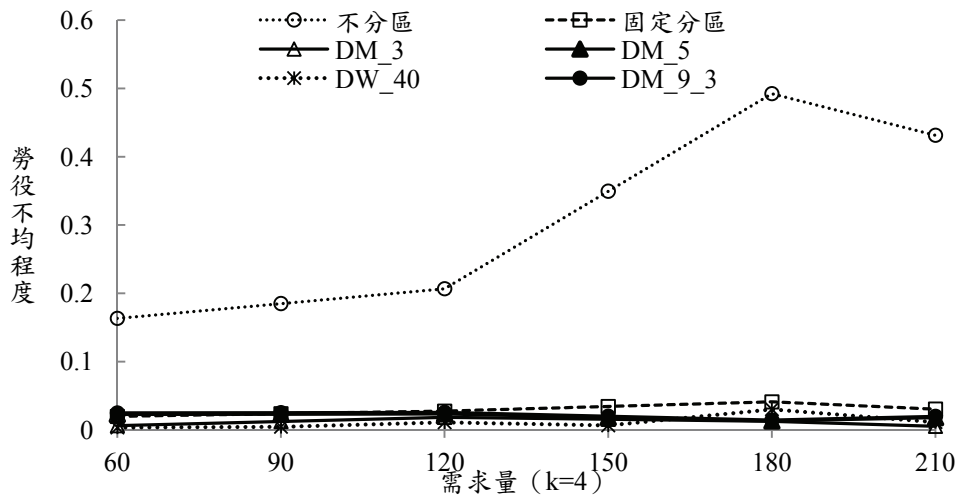


圖 A. 115 勞役不均程度(k = 4)

A. 24 80%群聚分佈且雙尖峰時段\二位運務員

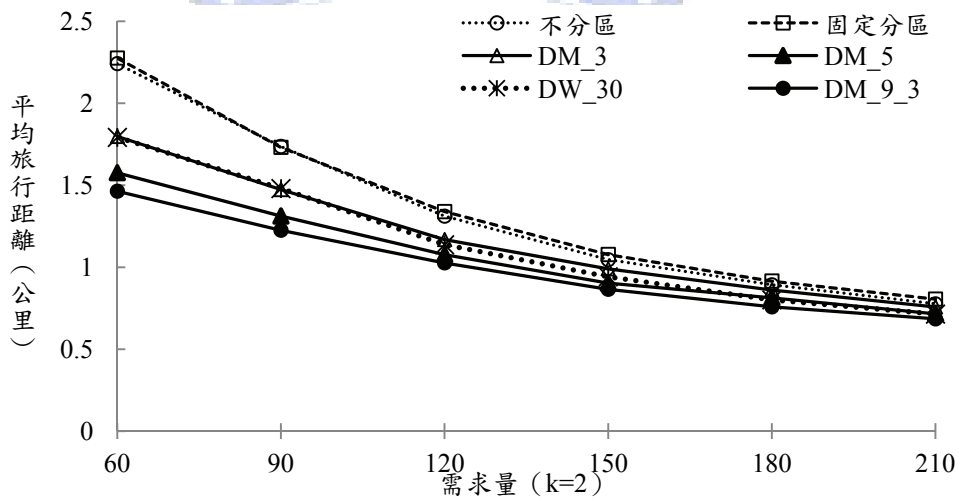


圖 A. 116 平均旅行距離(k = 2)

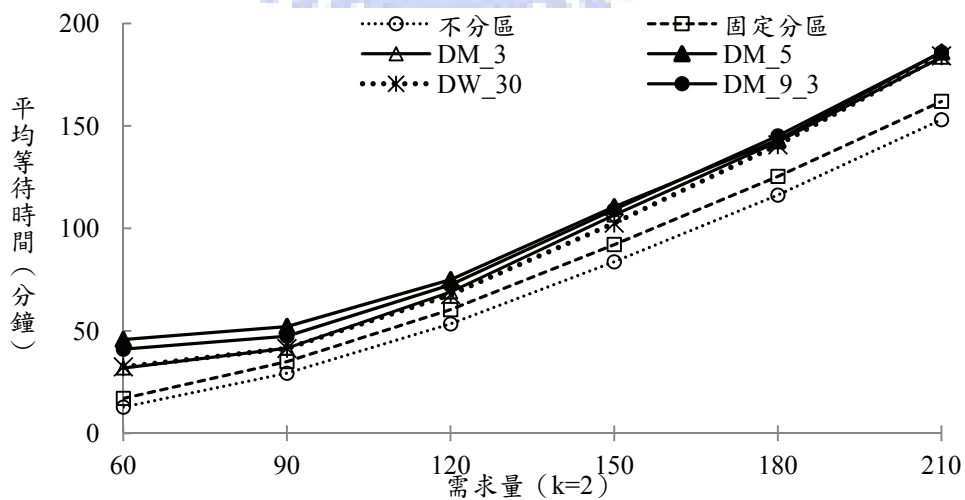


圖 A. 117 平均等待時間(k = 2)

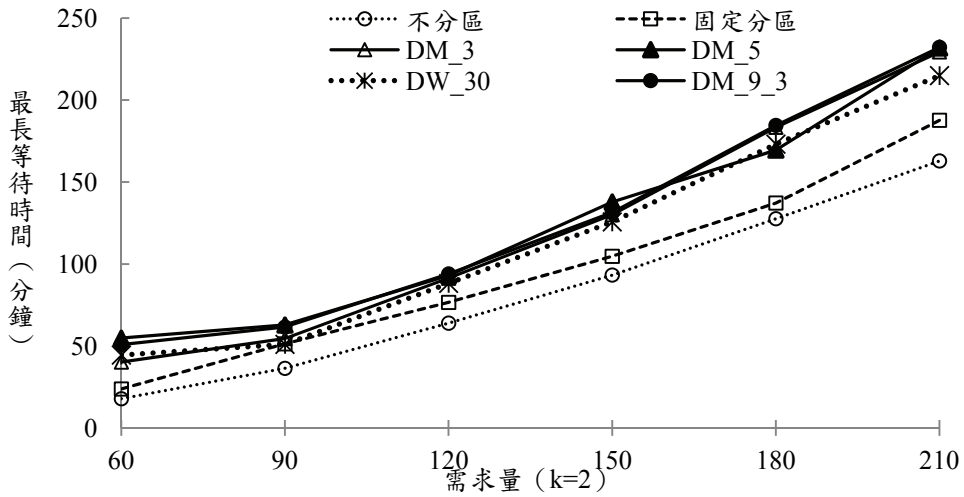


圖 A. 118 最長等待時間(k=2)

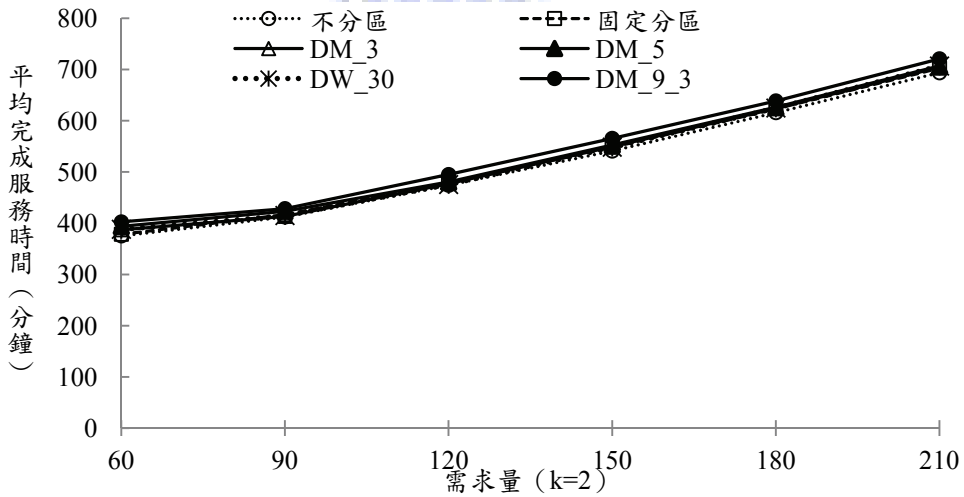


圖 A. 119 平均完成服務時間(k=2)

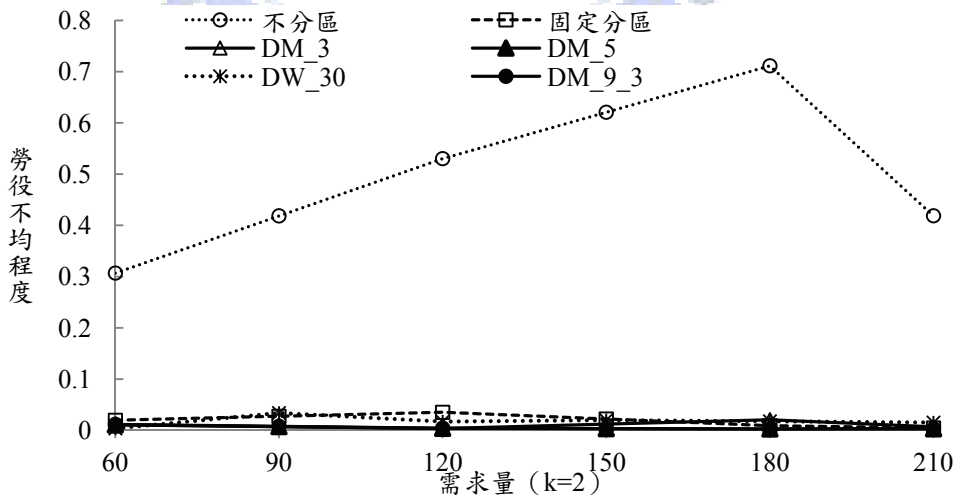


圖 A. 120 勞役不均程度(k=2)

A. 25 80%群聚分佈且雙尖峰時段\三位運務員

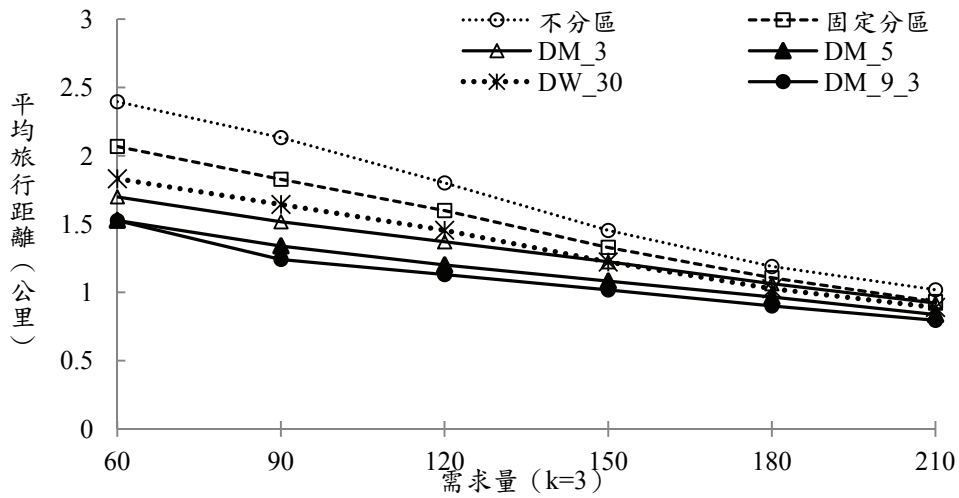


圖 A. 121 平均旅行距離(k=3)

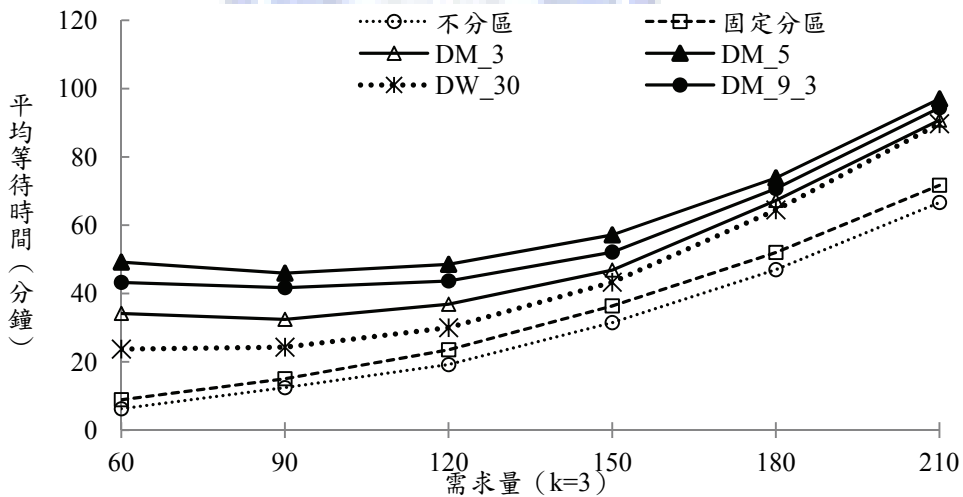


圖 A. 122 平均等待時間(k=3)

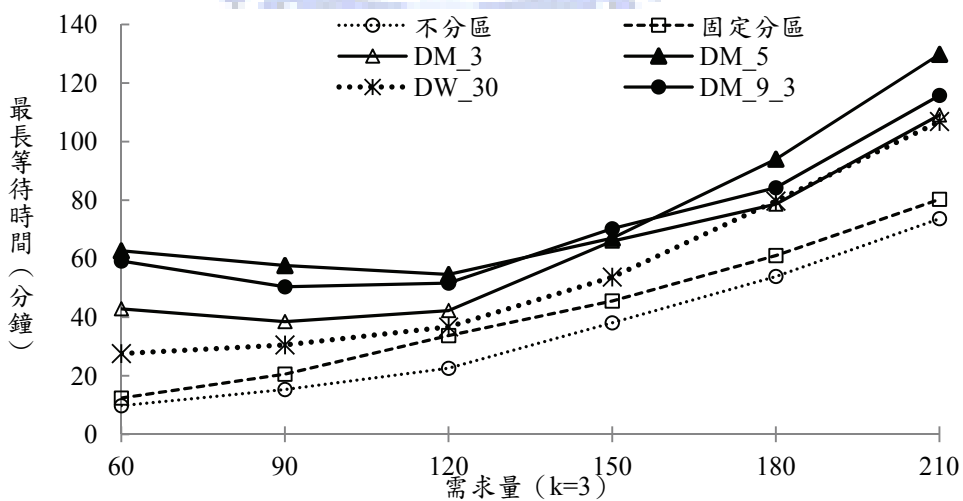


圖 A. 123 最長等待時間(k=3)

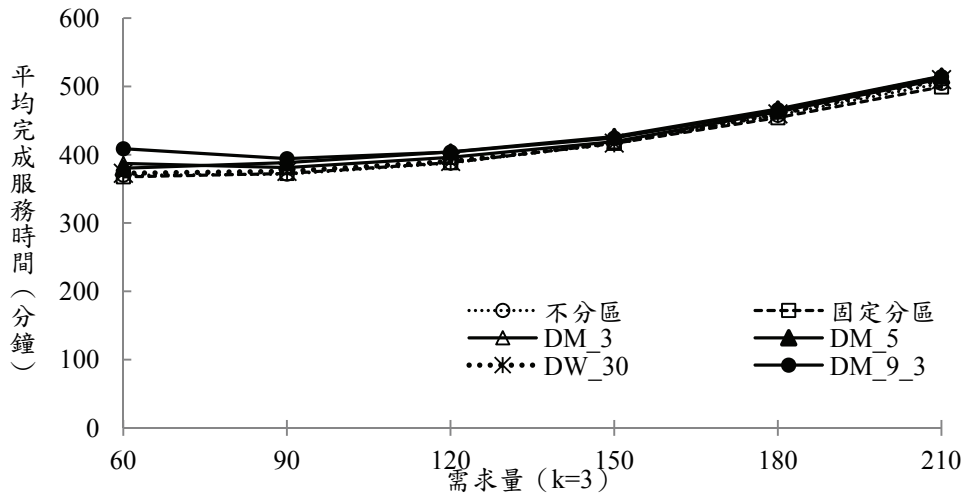


圖 A. 124 平均完成服務時間(k=3)

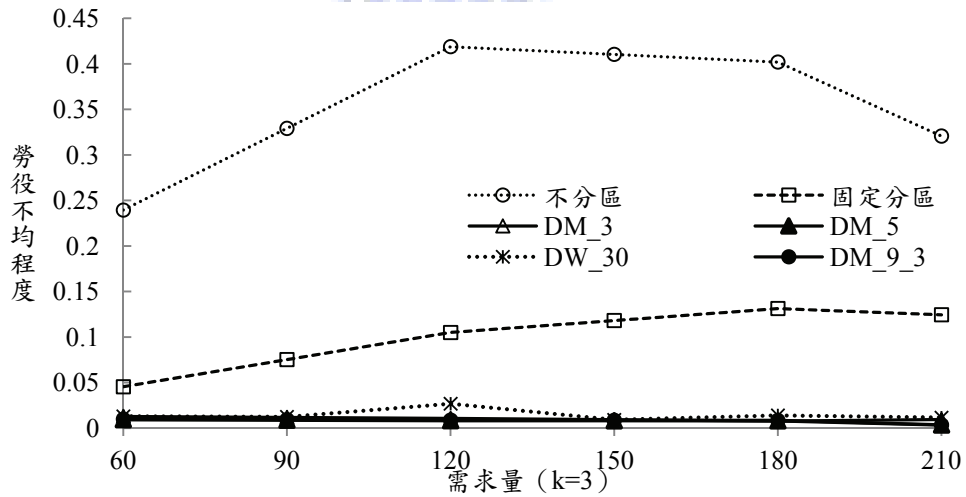


圖 A. 125 勞役不均程度(k=3)

A. 26 80%群聚分佈且雙尖峰時段\四位運務員

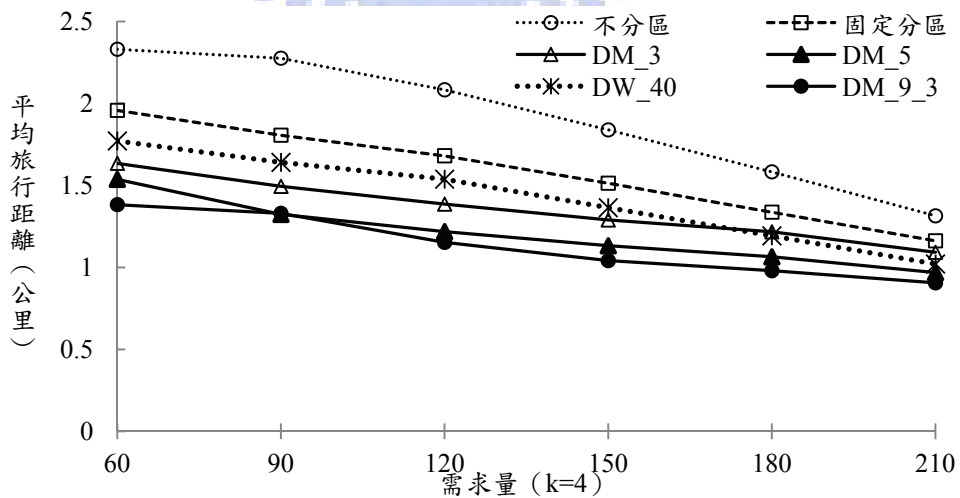


圖 A. 126 平均旅行距離(k=4)

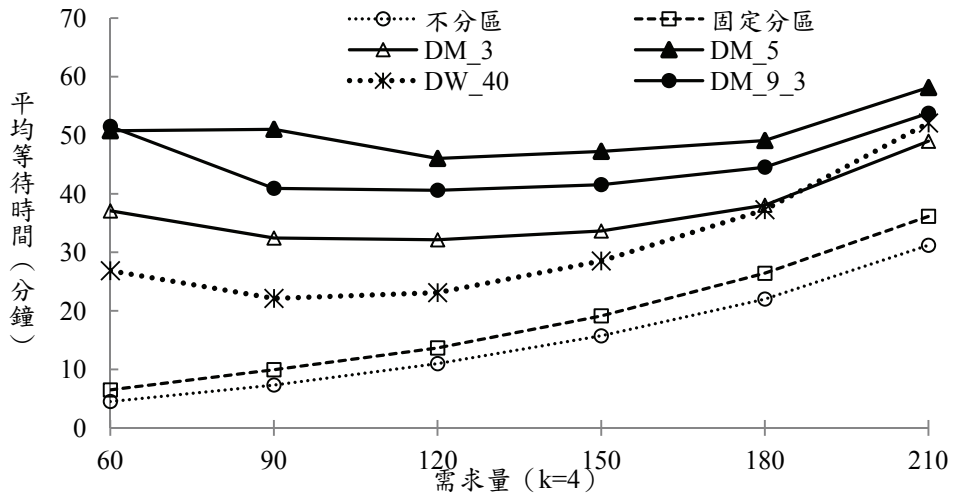


圖 A. 127 平均等待時間(k=4)

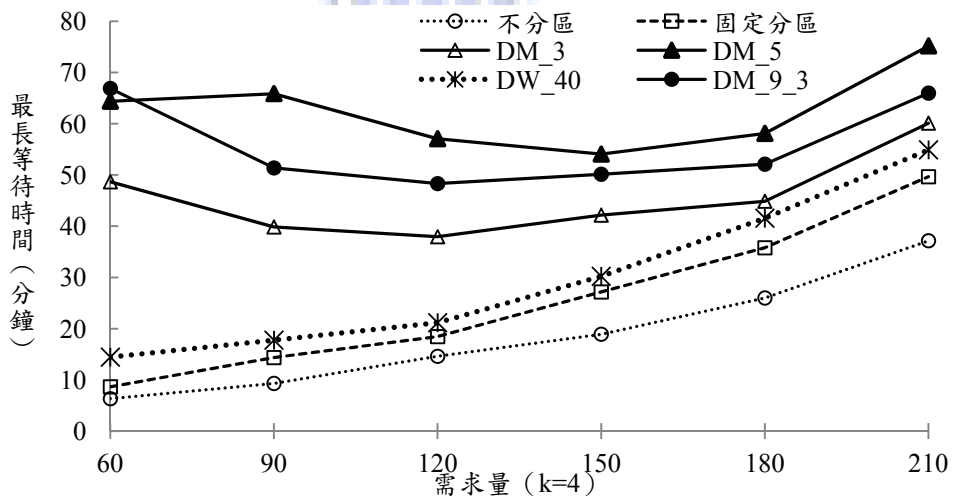


圖 A. 128 最長等待時間(k=4)

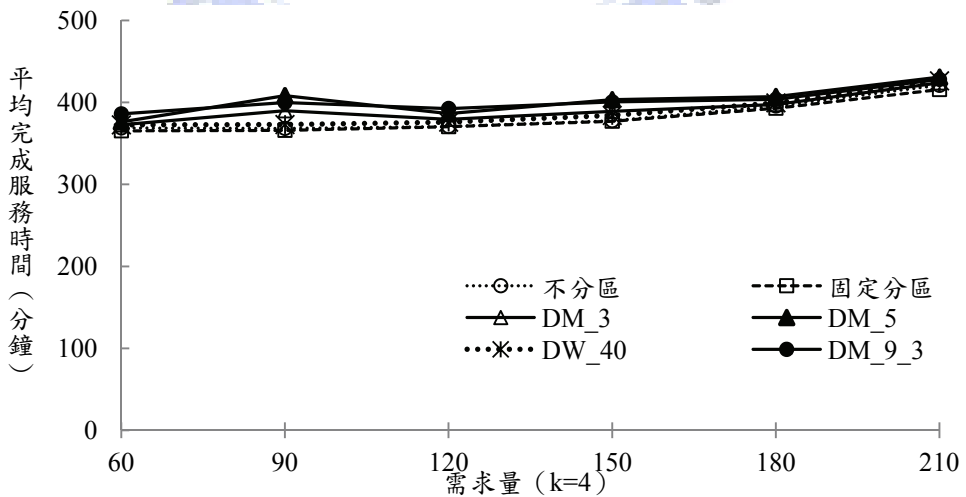


圖 A. 129 平均完成服務時間(k=4)

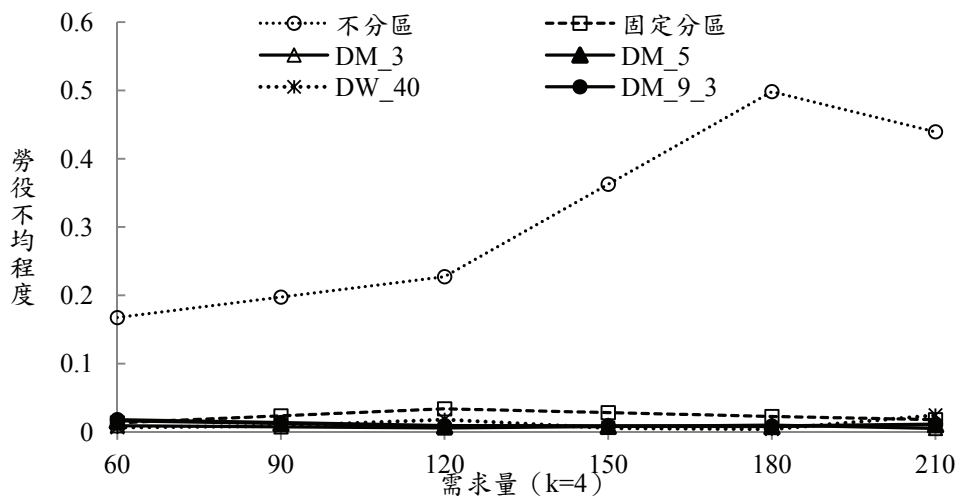


圖 A. 130 勞役不均程度(k = 4)

